



(22) Date de dépôt/Filing Date: 2010/10/29

(41) Mise à la disp. pub./Open to Public Insp.: 2011/04/30

(45) Date de délivrance/Issue Date: 2014/08/05

(30) Priorité/Priority: 2009/10/30 (FR09 05215)

(51) Cl.Int./Int.Cl. *B64C 25/44* (2006.01)

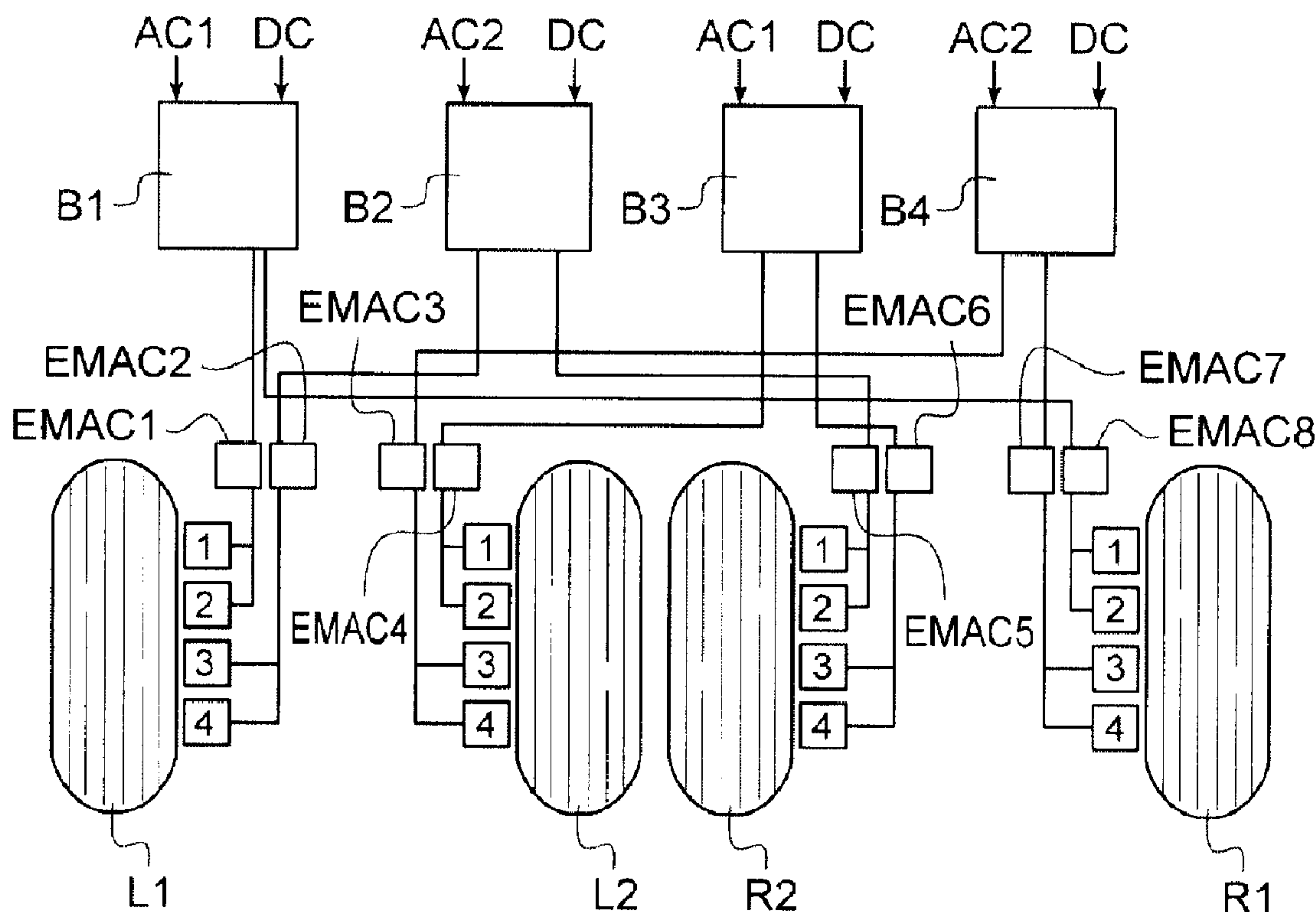
(72) Inventeur/Inventor:
FRANK, DAVID, FR

(73) Propriétaire/Owner:
MESSIER-BUGATTI, FR

(74) Agent: GOUDREAU GAGE DUBUC

(54) Titre : ARCHITECTURE DE SYSTEME DE FREINAGE ELECTROMECHANIQUE

(54) Title: ARCHITECTURE FOR ELECTROMECHANICAL BRAKE SYSTEM



(57) Abrégé/Abstract:

L'invention est relative à une architecture d'alimentation de freins d'aéronef, pour un aéronef comportant au moins deux atterrisseurs comportant chacun un certain nombre de roues, chacune des roues étant équipée de freins comportant chacun un certain nombre d'actionneurs électromécaniques de freinage, l'architecture comportant des contrôleurs pour fournir aux actionneurs des signaux de puissance en réponse à un ordre de freinage, les roues étant sur chacun des atterrisseurs regroupées en un premier et deuxième groupes complémentaires de sorte que pour chaque groupe de roues, un premier groupement d'actionneurs est contrôlé par un contrôleur qui ne contrôle que ces actionneurs, et un deuxième groupement complémentaire d'actionneurs est contrôlé par un autre contrôleur qui ne contrôle que ces actionneurs.



PRECIS DE DIVULGATION

L'invention est relative à une architecture d'alimentation de freins d'aéronef, pour un aéronef comportant au moins deux atterrisseurs comportant chacun un certain nombre de roues, chacune des roues étant équipée de freins comportant chacun un certain nombre d'actionneurs électromécaniques de freinage, l'architecture comportant des contrôleurs pour fournir aux actionneurs des signaux de puissance en réponse à un ordre de freinage, les roues étant sur chacun des atterrisseurs regroupées en un premier et deuxième groupes complémentaires de sorte que pour chaque groupe de roues, un premier groupement d'actionneurs est contrôlé par un contrôleur qui ne contrôle que ces actionneurs, et un deuxième groupement complémentaire d'actionneurs est contrôlé par un autre contrôleur qui ne contrôle que ces actionneurs.

Figure unique

L'invention est relative à une architecture de système de freinage électromécanique.

ARRIERE-PLAN TECHNOLOGIQUE DE L'INVENTION

On connaît, notamment du document US6296325, des architectures de système de freinage comportant une pluralité de contrôleurs de freins (ou EMACs, pour Electro Mechanical Actuator Controller) qui sont agencés deux à deux pour fournir de façon redondante des signaux de puissance calibrée aux actionneurs électromécaniques de freinage de deux roues. L'un des EMACs fournit des signaux de puissance calibrée à un groupe d'actionneurs d'une roue ainsi qu'à un groupe d'actionneurs d'une roue adjacente, l'autre EMAC fournissant des signaux de puissance calibrée aux actionneurs restant de ces deux roues, les deux EMAC étant connectés à des sources de puissance distinctes, de sorte que la perte de l'un des EMAC ou de l'une des sources de puissance ne fait perdre qu'une partie des actionneurs sur chacune des roues, l'autre parties des actionneurs restant contrôlée par l'autre EMAC.

Dans ce document, les EMACs sont qualifiés de redondants bien que les actionneurs sont chacun connectés à un unique EMAC, de sorte que la panne d'un EMAC condamne irrémédiablement les actionneurs reliés à l'EMAC défaillant. Aucun autre EMAC ne vient commander ces mêmes actionneurs en cas de panne de l'EMAC correspondant. A proprement parler, les EMACs ne sont donc pas redondants. Ils sont cependant chacun agencés pour augmenter l'effort exercé par les actionneurs reliés à l'EMAC valide si l'EMAC associé est défaillant, de sorte à compenser au moins partiellement la perte de l'EMAC défaillant et des actionneurs associés.

Cependant, sur une telle architecture, la perte d'un EMAC est critique et empêche le départ de l'aéronef, car la perte de cet EMAC entraîne la perte des actionneurs associés porté par l'un des atterrisseurs, et la survenue

subséquente de la panne de l'EMAC appairé alimentant les autres actionneurs portés par ce même atterrisseur provoquerait la perte totale du freinage sur l'ensemble des actionneurs de cet atterrisseur, ce qui est inacceptable.

5 Dans le document US6402259, il est proposé à la figure 10 une architecture avec des EMACs véritablement redondants, qui sont associés par paires pour contrôler tous les deux tous les actionneurs d'un atterrisseur, de sorte que si un EMAC est défaillant, l'EMAC associé peut
10 contrôler la totalité des actionneurs contrôlés par l'EMAC défaillant.

Encore une fois, la perte d'un EMAC est critique et empêche le départ de l'aéronef, car la survenue subséquente de la panne de l'EMAC appairé provoquerait la perte totale
15 du freinage sur l'ensemble des actionneurs portés par l'un des atterrisseurs, ce qui est encore une fois inacceptable.

OBJET DE L'INVENTION

L'invention vise à améliorer les architectures de freinage existantes, afin de diminuer les conséquences de
20 la perte d'un EMAC.

BREVE DESCRIPTION DE L'INVENTION

En vue de la réalisation de ce but, on propose une architecture d'alimentation de freins d'aéronef, pour un aéronef comportant au moins deux atterrisseurs comportant
25 chacun un certain nombre de roues, chacune des roues étant équipée de freins comportant chacun un certain nombre d'actionneurs électromécaniques de freinage, l'architecture comportant des contrôleurs (EMACs) pour fournir aux actionneurs des signaux de puissance en réponse à un ordre
30 de freinage, les roues étant sur chacun des atterrisseurs regroupées en un premier groupe et un deuxième groupe complémentaires de sorte que pour chaque groupe de roues, un premier groupement d'actionneurs est contrôlé par un premier contrôleur qui ne contrôle que ces actionneurs, et
35 un deuxième groupement complémentaire d'actionneurs est

contrôlé par un deuxième contrôleur qui ne contrôle que ces actionneurs.

5 Ainsi, la perte d'un EMAC n'affecte au plus que les actionneurs contrôlés par cet EMAC, qui peuvent encore être alimentés par le deuxième EMAC. En cas de panne du deuxième EMAC, les actionneurs correspondants sont définitivement perdus. Au pire donc, une double panne d'EMAC conduit à la perte du freinage sur l'un des groupes de roues, mais pas sur toutes les roues de l'atterrisseur, comme dans les architectures connues. Ici, les EMAC ne sont pas redondants, la perte d'un EMAC étant de préférence compensée par l'EMAC appairé qui est programmé pour augmenter l'effort de freinage du groupement d'actionneurs qu'il commande.

15 BREVE DESCRIPTION DES FIGURES

L'invention sera mieux comprise à la lumière de la description qui suit de l'unique figure représentant une architecture de freinage selon un mode particulier de réalisation de l'invention.

20 DESCRIPTION DETAILLEE DE L'INVENTION

L'invention est ici décrite en relation avec un aéronef du type A320 ou B737 ou tout autre avion à quatre roues freinées, comportant deux atterrisseurs principaux portant chacun deux roues freinées, respectivement désignées L1 et L2 pour les roues portées par l'atterrisseur principal gauche, et R1 et R2 pour les roues portées par l'atterrisseur principal droit. Il est bien évident que l'invention n'est pas limitée à ce type d'aéronef, et la façon dont l'invention peut s'appliquer à d'autres types d'aéronefs est précisée en fin de description.

35 Chacune des roues est équipée d'un frein électromécanique comportant ici quatre actionneurs par frein (respectivement numérotés 1, 2, 3, 4 sur chacune des roues).

L'architecture comporte ici quatre boîtiers d'alimentation, respectivement B1, B2, B3 et B4, agencés pour recevoir de la puissance électrique de l'un des bus de puissance de l'aéronef. En l'occurrence, les boîtiers d'alimentation B1 et B3 reçoivent la puissance d'un premier bus de puissance AC1 (typiquement une tension alternative de 115 volts), et les boîtiers d'alimentation B2 et B4 reçoivent la puissance d'un deuxième bus de puissance AC2 (mêmes caractéristiques), indépendant du premier bus de puissance.

En outre, les quatre boîtiers d'alimentation sont ici connectés à une source de tension continue DC (les batteries de l'aéronef fournissant typiquement 28 volts continus).

Les boîtiers d'alimentation regroupent essentiellement des convertisseurs AC/DC pour convertir le courant alternatif des sources de puissance en courant continu (typiquement 270 VDC), ainsi qu'un convertisseur DC/DC pour convertir le courant continu de la batterie en courant de puissance continu. Les boîtiers d'alimentation contiennent également des commutateurs commandés pour passer de l'une à l'autre des sources de puissance.

Comme cela sera détaillé plus loin, la provision selon l'invention de plusieurs boîtiers d'alimentation (contrairement à la disposition illustrée à la figure 10 du document US6402259 dans laquelle un seul boîtier d'alimentation ou « power converter » est prévu) permet d'améliorer la disponibilité de l'architecture de l'invention.

Chacun des boîtiers d'alimentation B1...B4 est relié à deux contrôleurs, nommés ci-dessous EMACs, parmi les huit contrôleurs prévus. Les EMACs ont pour fonction de calibrer la puissance fournie par les boîtiers d'alimentation en un signal de puissance triphasé à destination des actionneurs, en réponse à un signal de freinage généré par un

calculateur de freinage. Pour ce faire, les EMACs comprennent des moyens de calibration commandés sous la forme d'un onduleur ainsi que l'électronique de contrôle du moteur des actionneurs associés.

5 La disposition des moyens de conversion dans des boîtiers d'alimentation séparés des EMACs proprement dits recueillant les moyens de calibration commandés présente plusieurs avantages. En effet, il est intéressant de pouvoir disposer les batteries à côté des boîtiers d'alimentation, puisque la conversion de 28 VDC en 270 VDC, sous une puissance de quelques kilowatts, amène à un ampérage important, et donc un câble de section importante entre la batterie et les moyens de conversion, dont il convient de limiter la longueur. On disposera donc de préférence les boîtiers d'alimentation au voisinage des batteries qui sont plutôt disposées à l'avant de l'aéronef. En outre, il est intéressant de placer les moyens de calibration au plus près des actionneurs afin de minimiser la longueur des câbles (trois câbles par moteur et au moins quatre câbles pour le capteur de position angulaire associé) amenant la puissance aux actionneurs et courant le long de l'atterrisseur. La disposition de ces deux moyens dans deux boîtiers séparés permet donc de répondre à ces deux objectifs.

25 Les EMACS sont respectivement numérotés de 1 à 8, et chaque EMAC contrôle uniquement deux actionneurs d'un même frein (ou d'une même roue, ce qui revient au même), selon ici la disposition suivante :

- 30 - l'EMAC 1 contrôle les actionneurs 1, 2 de la roue L1 portée par l'atterrisseur principal gauche ;
- l'EMAC 2 contrôle les actionneurs 3, 4 de la roue L1 portée par l'atterrisseur principal gauche ;
- l'EMAC 3 contrôle les actionneurs 1, 2 de la roue L2 portée par l'atterrisseur principal gauche ;

- l'EMAC 4 contrôle les actionneurs 3, 4 de la roue L2 portée par l'atterrisseur principal gauche ;
- l'EMAC 5 contrôle les actionneurs 1, 2 de la roue R2 portée par l'atterrisseur principal droit ;
- 5 - l'EMAC 6 contrôle les actionneurs 3, 4 de la roue R2 portée par l'atterrisseur principal droit ;
- l'EMAC 7 contrôle les actionneurs 1, 2 de la roue R1 portée par l'atterrisseur principal droit ;
- 10 - l'EMAC 8 contrôle les actionneurs 3, 4 de la roue R1 portée par l'atterrisseur principal droit.

Ainsi, et contrairement aux architectures connues, les EMACs ne contrôlent ici qu'une partie des actionneurs d'une unique roue. Les EMACs ne sont donc pas redondants, au sens usuel du terme.

15 Les boîtiers d'alimentation alimentent les actionneurs de frein selon la disposition suivante :

- le boîtier B1 alimente l'EMAC 1 et l'EMAC 8 ;
- le boîtier B2 alimente l'EMAC 2 et l'EMAC 5 ;
- le boîtier B3 alimente l'EMAC 4 et l'EMAC 6 ;
- 20 - le boîtier B4 alimente l'EMAC 3 et l'EMAC 7.

Cette disposition présente les avantages illustrés sur le tableau suivant, qui représente l'incidence de la panne de l'un des boîtiers d'alimentation sur la capacité de freinage de l'aéronef :

25

Boîtier en panne	B1	B2	B3	B4
Actionneurs valides sur L1	3,4	1,2	1,2,3,4	1,2,3,4
Actionneurs valides sur L2	1,2,3,4	1,2,3,4	3,4	1,2
Actionneurs valides sur R2	1,2,3,4	3,4	1,2	1,2,3,4
30 Actionneurs valides sur R1	3,4	1,2,3,4	1,2,3,4	1,2

Ainsi, on s'aperçoit que la panne de l'un des boîtiers d'alimentation fait perdre deux actionneurs sur l'une des roues de l'un des atterrisseurs, et deux actionneurs sur l'une des roues de l'autre atterrisseur, de sorte que sur chacun des atterrisseurs, six actionneurs de

35

freinage restent alimentés. Il reste donc possible d'effectuer un freinage parfaitement symétrique.

Il est aisé de compenser au moins partiellement cette panne en demandant aux actionneurs qui restent alimentés de fournir un surcroît d'effort de freinage.

On va maintenant examiner la conséquence de la panne supplémentaire de l'un des boîtiers. Sur les tableaux qui suivent, on examine successivement quels sont les actionneurs qui restent alimentés, lorsqu'après une panne de l'un des boîtiers (nommé en en-tête du tableau), l'un des autres boîtiers tombe en panne.

	Boîtier B1 en panne	B2	B3	B4
	Actionneurs valides sur L1	--	3,4	3,4
15	Actionneurs valides sur L2	1,2,3,4	3,4	1,2
	Actionneurs valides sur R2	3,4	1,2	1,2,3,4
	Actionneurs valides sur R1	3,4	3,4	--
	Boîtier B2 en panne	B1	B3	B4
20	Actionneurs valides sur L1	--	1,2	1,2
	Actionneurs valides sur L2	1,2,3,4	3,4	1,2
	Actionneurs valides sur R2	3,4	--	3,4
	Actionneurs valides sur R1	1,2,3,4	1,2,3,4	1,2
25	Boîtier B3 en panne	B1	B2	B4
	Actionneurs valides sur L1	3,4	1,2	1,2,3,4
	Actionneurs valides sur L2	3,4	3,4	--
	Actionneurs valides sur R2	1,2	--	1,2
	Actionneurs valides sur R1	3,4	1,2,3,4	1,2
30	Boîtier B4 en panne	B1	B2	B3
	Actionneurs valides sur L1	3,4	1,2	1,2,3,4
	Actionneurs valides sur L2	1,2	1,2	--
	Actionneurs valides sur R2	1,2,3,4	3,4	1,2
35	Actionneurs valides sur R1	--	1,2	1,2

Ainsi, on s'aperçoit que la perte de deux boîtiers d'alimentation laisse à chaque fois quatre actionneurs alimentés sur chacun des atterrisseurs. Selon le cas, il peut s'agir de deux actionneurs par roue, ou de quatre

actionneurs d'une même roue, l'autre roue ne disposant alors plus d'actionneurs alimentés.

Il reste néanmoins possible d'effectuer un freinage symétrique. De même que pour la panne simple, il reste possible de compenser au moins partiellement la perte des actionneurs non alimentés en demandant aux actionneurs restant alimentés de fournir un surcroît d'effort de freinage. Ceci est bien sûr valable si les surcroîts d'effort appliqués ne font pas dépasser aux efforts de freinage développé la limite d'adhérence de la piste. Si tel était le cas, le freinage serait faiblement asymétrique, ce qui pourrait nécessiter une légère compensation au moyen de la gouverne de direction ou de la commande d'orientation de l'atterrisseur auxiliaire.

En outre, la perte de l'un des bus de puissance AC1 ou AC2 limite la puissance disponible pour l'alimentation des boîtiers concernés (respectivement B1, B3, ou B2, B4) à la puissance disponible sur la source de puissance continue. Néanmoins, elle ne fait pas perdre entièrement la capacité de freinage des actionneurs reliés aux boîtiers d'alimentation concernés. En particulier, si les batteries de l'aéronef sont dimensionnées pour fournir au moins 50% de l'effort nominal de freinage, la perte de l'un des bus de puissance survenue après un départ de l'aéronef en condition dégradée (par exemple avec l'un des EMAC en panne ou l'un des boîtiers d'alimentation en panne) n'impacte pas la distance critique de freinage puisqu'il est toujours possible de freiner avec 25% de l'effort nominal sur les roues concernées, ce qui représente sensiblement l'effort développable sur piste mouillée qui définit cette distance critique.

On remarquera que chacun des boîtiers d'alimentation comporte deux sorties distinctes, une pour chaque EMAC. Ainsi, la perte d'une liaison électrique entre un boîtier l'EMAC ne conduit à la perte que de deux

actionneurs, et non des quatre actionneurs alimentés par le boîtier.

Enfin, la perte de l'un des EMAC ne conduit au plus qu'à la perte que de deux actionneurs, la perte d'un
5 deuxième EMAC conduisant à la perte de quatre actionneurs, ce qui provoque au pire la perte totale de freinage sur une roue.

De préférence, chaque actionneur est dimensionné pour pouvoir développer, au moins de façon occasionnelle,
10 un effort de freinage équivalent à celui développé par deux actionneurs d'un frein dont tous les actionneurs sont alimentés lors d'un freinage qui amènerait la roue correspondante à la limite du blocage au cours d'un atterrissage sur piste sèche.

15 Pour un tel freinage, l'effort maximal développé par un actionneur d'un frein dont tous les actionneurs sont alimentés est de l'ordre de 66% de l'effort nominal (qui est par définition l'effort de freinage qui doit être généré par un actionneur lors d'un décollage avorté à masse
20 maximale). Il convient donc de dimensionner les actionneurs pour qu'ils puissent fournir occasionnellement un effort égal à 132% de l'effort nominal.

Ainsi, avec uniquement deux actionneurs sur les quatre, il est donc possible de développer sur la roue
25 concernée un effort de freinage égal à $132/2=66\%$ de l'effort de freinage nominal, ce qui correspond à l'effort développé par un frein dont tous les actionneurs sont alimentés avant que la roue ne parte au blocage lors d'un atterrissage sur piste sèche.

30 L'invention n'est pas limitée à ce qui vient d'être décrit, mais englobe au contraire toute variante entrant dans le cadre défini par les revendications.

En particulier, bien sur l'exemple illustré, les roues sont équipées de freins qui ont un nombre pair
35 d'actionneurs, les actionneurs étant répartis en un premier

groupement (actionneurs 1, 2) d'actionneurs alimentés par l'un des boîtiers, et un deuxième groupement complémentaire (actionneurs 3, 4) d'actionneurs alimentés par un autre boîtier, les groupements ayant un nombre égal
5 d'actionneurs, on pourra plus généralement répartir les actionneurs en deux groupements, même si le nombre d'actionneurs est impair. Dans ce cas, on aura intérêt à définir pour chaque roue deux groupements d'actionneurs qui ne diffèrent que d'au plus d'une unité.

10 Bien que l'on ait illustré l'invention en relation avec un aéronef à deux atterrisseurs principaux portant chacun deux roues freinées, l'invention se généralise immédiatement à un aéronef dont les deux atterrisseurs principaux portent chacun plus de deux roues freinées, par
15 exemple quatre ou six. Il suffit de définir sur chacun des atterrisseurs deux groupes de roues (par exemple chaque groupe de roues comprend les roues portées d'un même côté de l'atterrisseur) Sur chacun des groupes de roues (et donc de freins) ainsi déterminés, on fait alimenter un premier
20 groupement d'actionneurs par l'un des boîtiers, et un second groupement complémentaire par un autre boîtier, selon l'agencement de l'invention. L'invention se généralise encore au cas des aéronefs comportant plus de deux atterrisseurs principaux. Si l'aéronef comporte par
25 exemple deux atterrisseurs principaux de voilure et un atterrisseur principal central à roues freinées (cas de l'A340-600), il suffira d'affecter les roues portées par l'atterrisseur principal central à l'un ou l'autre des groupes de roues formés par les roues des atterrisseurs
30 principaux de voilure.

Par extension, et pour user d'un vocabulaire commun dans la revendication, on parlera de groupe de roues, même si, dans l'exemple illustré, le groupe ne comporte qu'une seule roue.

REVENDICATIONS

1. Architecture d'alimentation de freins d'aéronef, pour un aéronef comportant au moins deux atterrisseurs
5 comportant chacun un certain nombre de roues chacune des roues étant équipée de freins comportant chacun un certain nombre d'actionneurs électromécaniques de freinage, l'architecture comportant des contrôleurs pour fournir aux actionneurs des signaux de puissance en réponse à un ordre
10 de freinage, les roues étant sur chacun des atterrisseurs regroupées en un premier et deuxième groupes complémentaires de sorte que pour chaque groupe de roues, un premier groupement d'actionneurs est contrôlé par un contrôleur qui ne contrôle que ce premier groupement
15 d'actionneurs, et un deuxième groupement complémentaire d'actionneurs est contrôlé par un autre contrôleur qui ne contrôle que ce deuxième groupement complémentaire d'actionneurs.

2. L'architecture selon la revendication 1, dans
20 laquelle les deux contrôleurs contrôlant les actionneurs d'un même groupe de roues sont alimentés par des sources de puissance distinctes.

3. L'architecture selon la revendication 2, comportant des boîtiers d'alimentation pour alimenter les
25 contrôleurs à partir des sources de puissance de l'aéronef, chacun des boîtiers d'alimentation alimentant deux contrôleurs.

4. L'architecture selon la revendication 3, dans laquelle les boîtiers d'alimentation alimentent les
30 contrôleurs de la façon suivante :

- le premier boîtier alimente le contrôleur qui contrôle un groupement d'actionneurs du premier groupe de roues du premier atterrisseur, et le contrôleur qui contrôle un groupement d'actionneurs du premier groupe de
35 roues du deuxième atterrisseur ;

- le deuxième boîtier alimente le contrôleur qui contrôle un groupement complémentaire d'actionneurs du premier groupe de roues du premier atterrisseur, et le contrôleur qui contrôle un groupement d'actionneurs du deuxième groupe de roues du deuxième atterrisseur ;

- le troisième boîtier alimente le contrôleur qui contrôle un groupement d'actionneurs du deuxième groupe de roues du premier atterrisseur, et le contrôleur qui contrôle un groupement complémentaire d'actionneurs du premier groupe de roues du deuxième atterrisseur ;

- le quatrième boîtier alimente le contrôleur qui contrôle un groupement complémentaire d'actionneurs du deuxième groupe de roues du premier atterrisseur, et le contrôleur qui contrôle un groupement complémentaire d'actionneurs du premier groupe de roues du deuxième atterrisseur.

1/1

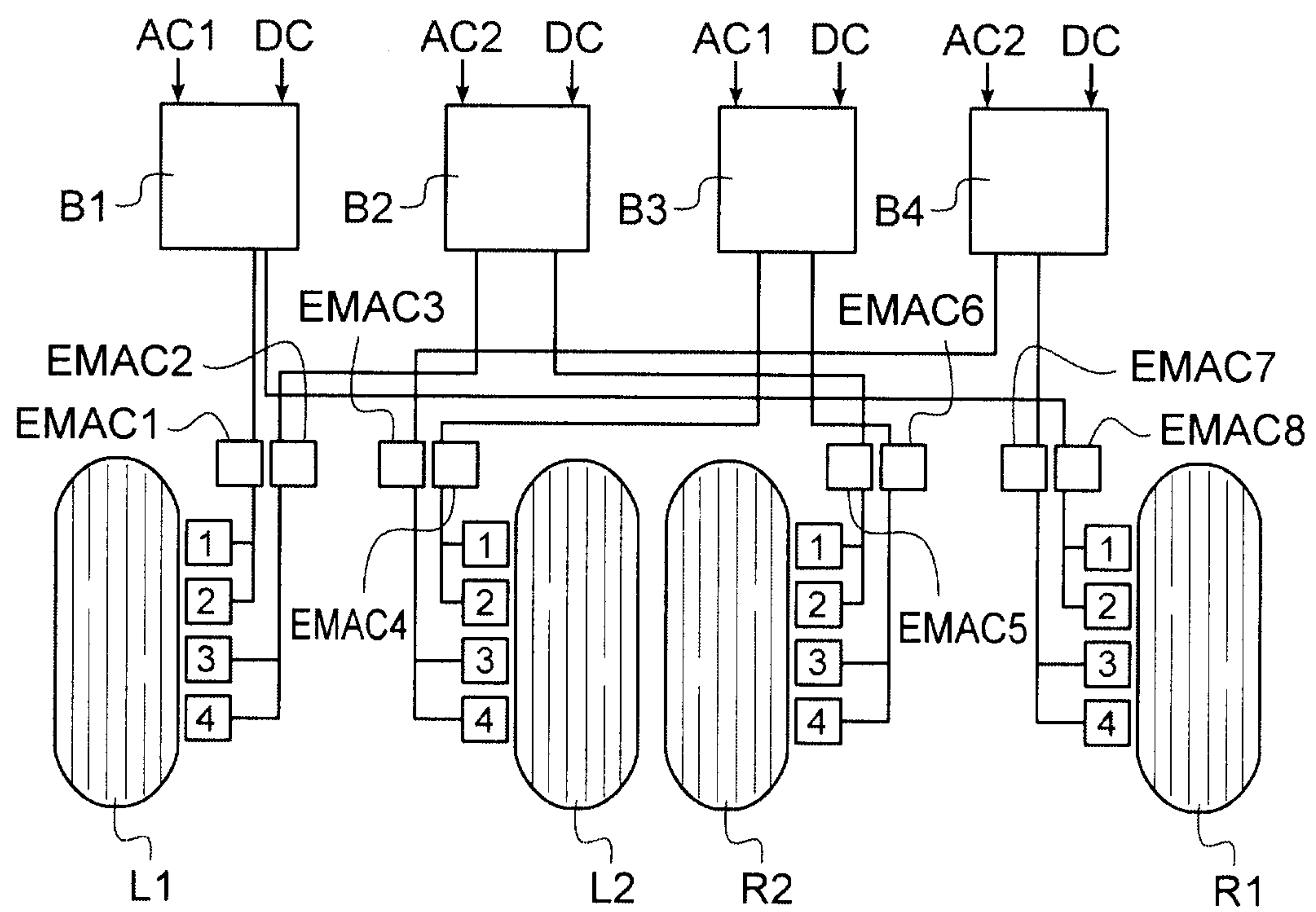


Figure unique

