

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

①1 N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

3 094 683

②1 N° d'enregistrement national :

19 03752

⑤1 Int Cl⁸ : **B 60 T 8/17 (2019.01)**

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 08.04.19.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 09.10.20 Bulletin 20/41.

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

⑥0 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

Demande(s) d'extension :

⑦1 Demandeur(s) : **SAFRAN LANDING SYSTEMS**
Société par actions simplifiée à associé unique — FR.

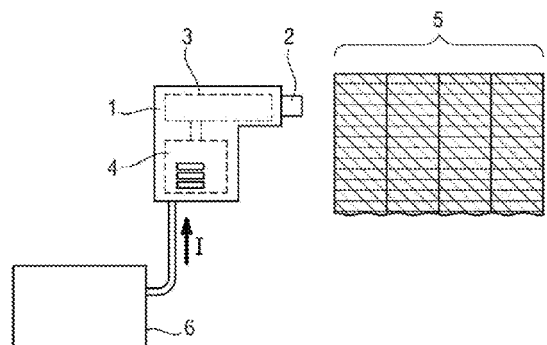
⑦2 Inventeur(s) : **FREY Olivier, PITHOUD Frédéric et
BARTHELEMY Serge.**

⑦3 Titulaire(s) : **SAFRAN LANDING SYSTEMS Société
par actions simplifiée à associé unique.**

⑦4 Mandataire(s) : **CABINET BOETTCHER.**

⑤4 Procédé d'alimentation d'un actionneur électromécanique de freinage de roue d'aéronef.

⑤7 L'invention concerne un procédé d'alimentation en
courant électrique d'un actionneur électromécanique de
freinage (1) équipant un frein de roue d'aéronef, lors duquel
on sature le courant d'alimentation (I) fourni à l'actionneur
électromécanique de freinage à une valeur de saturation
(I_{sat}) pour limiter le courant consommé par l'actionneur
électromécanique de freinage et ainsi limiter les effort déve-
loppés par l'actionneur. Le procédé comporte l'étape de dé-
terminer la valeur de saturation (I_{sat}) en fonction d'une
température interne (T) de l'actionneur électromécanique
de freinage durant son fonctionnement.



FR 3 094 683 - A1



Description

Titre de l'invention : Procédé d'alimentation d'un actionneur électromécanique de freinage de roue d'aéronef

- [0001] ARRIERE PLAN DE L'INVENTION
- [0002] Un aéronef est généralement pourvu de freins pour exercer sélectivement sur certaines de ses roues un couple de freinage propre à ralentir leur rotation et ainsi décélérer l'aéronef lors de ses déplacements au sol.
- [0003] Certains freins sont munis d'actionneurs électromécaniques (couramment appelés EMAs pour « electromechanical actuators ») comprenant un poussoir déplacé via une transmission mécanique par un moteur électrique pour appliquer sélectivement un effort sur des organes de friction du frein et ainsi générer le couple de freinage.
- [0004] L'organe gérant l'alimentation en puissance électrique des EMAs de freinage comprend un organe de saturation du courant électrique consommé, afin de protéger le moteur électrique et de limiter les efforts internes.
- [0005] Les EMAs de freinage sont soumis à des basses températures lors des vols et à des hautes températures résultant de la proximité avec les organes de friction du frein, susceptibles de dégager une importante quantité de chaleur lors des freinages. Des températures relativement basses ou élevées peuvent également être atteintes au sol du fait des conditions météorologiques. La transmission mécanique des EMAs de freinage contient un lubrifiant dont les caractéristiques physiques sont très variables en fonction de la température, de sorte que les EMAs de freinage possèdent des caractéristiques de fonctionnement très dépendantes de la température de fonctionnement. Typiquement, le lubrifiant possède une grande viscosité à froid réduisant les performances mécaniques de l'actionneur. A froid, le moteur électrique doit donc fournir un couple plus élevé qu'à chaud, pour un même effort de presse, et donc fonctionner à courant plus élevé qu'à chaud. Ainsi la saturation de courant électrique d'alimentation doit être réglée à une valeur maximale suffisamment haute pour le cas de fonctionnement à froid. A chaud, le lubrifiant est bien plus fluide et engendre moins de pertes mécaniques. Si le moteur fonctionne alors avec un courant atteignant cette valeur maximale de saturation, les contraintes mécaniques dans la chaîne de transmission mécanique du moteur électrique au poussoir seront donc plus élevées, ce qui oblige à sur-dimensionner les pièces du moteur électrique et de la transmission mécanique pour le cas de fonctionnement à chaud.
- [0006] Ainsi l'utilisation optimale des EMAs de freinage dans une large plage de températures impose de sur-dimensionner plusieurs sous-ensembles des EMAs de freinage, ce qui occasionne une augmentation de la masse et du volume de

l'équipement.

[0007] OBJET DE L'INVENTION

[0008] L'invention vise à proposer un procédé d'alimentation en puissance des EMAs de freinage d'un aéronef permettant d'éviter un tel surdimensionnement.

Résumé de l'invention

[0009] A cet effet, on propose un procédé d'alimentation en courant électrique d'un actionneur électromécanique de freinage équipant un frein de roue d'aéronef, lors duquel on sature le courant d'alimentation fourni à l'actionneur électromécanique de freinage à une valeur de saturation pour limiter le courant d'alimentation consommé par l'actionneur électromécanique de freinage et ainsi limiter les efforts développés par celui-ci. Selon l'invention, le procédé comporte l'étape de déterminer la valeur de saturation en fonction d'une température interne de l'actionneur électromécanique de freinage durant son fonctionnement.

[0010] Ainsi, l'on pourra temporairement augmenter la valeur de saturation I_{sat} lorsque l'on détecte que la température interne de l'actionneur électromécanique de freinage est basse, tandis que l'on pourra baisser cette valeur de saturation I_{sat} lorsque l'actionneur électromécanique de freinage est chaud. Ainsi, l'effort maximal développable par l'actionneur électromécanique de freinage ne risque pas d'augmenter au fur et à mesure que l'actionneur électromécanique de freinage monte en température, ce qui protège l'actionneur électromécanique de freinage et ses composants internes.

[0011] Selon un premier mode particulier de mise en œuvre du procédé de l'invention, on mesure une valeur d'un courant d'approche circulant dans le moteur de l'actionneur électromécanique de freinage lors d'une phase d'approche à vitesse donnée, et on ajoute à la valeur mesurée du courant d'approche un complément de courant pour déterminer la valeur de saturation.

[0012] Pour une même vitesse de déplacement, le courant d'approche ainsi mesuré à froid sera plus important que le même courant I_{app} mesuré à chaud, ce qui est un effet direct de la température interne de l'actionneur électromécanique de freinage. On profite d'un déplacement à vide de l'actionneur électromécanique de freinage, quand le poussoir de celui-ci se dirige vers les éléments de friction du frein, pour effectuer la mesure. On dispose d'un temps suffisant pour que le courant d'approche se stabilise et que la mesure ainsi effectuée soit fiable.

[0013] La détermination de la valeur de saturation peut être effectuée à chaque phase d'approche de l'actionneur électromécanique de freinage, c'est-à-dire à chaque freinage.

[0014] Selon un autre mode particulier de mise en œuvre du procédé de l'invention, la valeur de saturation est déterminée à l'aide d'une mesure de la température interne de

l'actionneur de freinage.

Brève description des dessins

- [0015] L'invention sera mieux comprise à la lumière de la description qui suit de modes particuliers de mise en œuvre en référence aux figures des dessins annexés parmi lesquelles :
- [0016] [fig.1] La figure 1 est une vue schématique d'un frein d'aéronef connu en soi comportant un actionneur électromécanique de freinage agissant sur des éléments de friction ;
- [0017] [fig.2a] La figure 2a est un graphe d'un courant circulant dans l'actionneur électromécanique de freinage lorsque celui-ci est froid ;
- [0018] [fig.2b] La figure 2b est un graphe d'un courant circulant dans l'actionneur électromécanique de freinage lorsque celui-ci est chaud ;
- [0019] [fig.3] La figure 3 est une vue schématique d'un actionneur électromécanique de freinage monocarter incluant un capteur de température pour la mise en œuvre du procédé de l'invention ;
- [0020] [fig.4] La figure 4 est une vue schématique d'un actionneur électromécanique de freinage bicarter incluant un capteur de température pour la mise en œuvre du procédé de l'invention.

Description des modes de réalisation

- [0021] En référence à la figure 1, le procédé de l'invention s'applique à un frein d'aéronef équipé d'au moins un actionneur électromécanique de freinage 1 comprenant un poussoir 2 déplacé via une transmission mécanique 3 par un moteur électrique 4 pour appliquer sélectivement un effort sur des organes de friction 5 du frein et ainsi générer un couple de freinage adapté à ralentir la rotation de la roue associée. Un organe de gestion de l'alimentation en puissance 6 délivre un courant d'alimentation I au moteur électrique 4 pour répondre aux demandes de freinage venant soit du pilote via les pédales de frein, soit d'une unité de commande des freins générant automatiquement une consigne de freinage ou de décélération.
- [0022] L'organe de gestion de l'alimentation en puissance 6 comporte ici un organe de protection qui limite le courant d'alimentation I appelé par l'actionneur électromécanique de freinage 1 pour éviter tout endommagement de celui-ci à une valeur de saturation nommée ici I_{sat} .
- [0023] Selon un premier mode particulier de mise en œuvre du procédé de l'invention illustré aux figures 2a et 2b, on mesure le courant d'approche I_{app} appelé par l'actionneur électromécanique de freinage 1 lorsque le poussoir 2 s'approche des éléments de friction 5. De préférence, on fait déplacer le poussoir 2 à une vitesse constante prédéterminée pour que les différentes mesures du courant d'approche I_{app}

se fassent dans des conditions de fonctionnement similaires. Sur les figures, on voit que lors d'une phase d'approche, le courant I appelé par l'actionneur électromécanique de freinage 1 présente un transitoire initial puis se stabilise à une valeur I_{app} . Le courant I augmente alors brutalement lorsque le poussoir 2 vient au contact des éléments de friction 5. Pour déterminer la valeur de saturation I_{sat} , on ajoute à une mesure du courant d'approche I_{app} un complément de courant ΔI , ce qui permet de fixer une valeur de saturation I_{sat} qui dépend de la température interne puisque le courant d'approche I_{app} dépend fortement de ladite température interne. En effet, la figure 2a est relative à un fonctionnement à froid de l'actionneur électromécanique de freinage 1, alors que la figure 2b est relative à un fonctionnement à chaud de l'actionneur électromécanique de freinage. On constate qu'à froid, le courant d'approche I_{app} est plus élevé que le même courant d'approche I_{app} à chaud, ce qui a pour effet que la valeur de saturation I_{sat} à chaud est plus basse que la valeur de saturation à froid (reportée en pointillés sur la figure 2b). La baisse de la valeur de saturation I_{sat} lorsque l'actionneur électromécanique de freinage 1 est chaud permet d'éviter tout effort trop important susceptible d'endommager l'actionneur électromécanique de freinage.

[0024] Selon une première variante, la valeur du complément de courant ΔI est constante et indépendante de la température interne de l'actionneur électromécanique de freinage, ce qui permet une détermination très simple de la valeur de saturation. Selon une variante alternative à la première, on fait dépendre le complément de courant ΔI de la température interne de l'actionneur, par exemple en le fixant à une valeur proportionnelle au courant d'approche. Selon une autre variante, la valeur de saturation I_{sat} ainsi déterminée est ajustée pour être comprise entre une valeur de saturation minimale I_{min} et une valeur de saturation maximale I_{max} si la valeur de saturation I_{sat} déterminée selon le procédé de l'invention est en dehors de ces valeurs de courant. L'ajustement peut consister en une limitation de la valeur de saturation I_{sat} à I_{min} si $I_{sat} < I_{min}$, ou à I_{max} si $I_{sat} > I_{max}$.

[0025] Selon un deuxième mode particulier de mise en œuvre du procédé de l'invention, on équipe l'actionneur électromécanique de freinage d'un capteur de température permettant de mesurer une température interne T de l'actionneur électromécanique de freinage 1 lors de son fonctionnement, notamment une température du lubrifiant contenu dans la transmission mécanique. Cette mesure de température permet alors de calculer la valeur de saturation I_{sat} en fonction de la température interne de l'actionneur, par exemple en utilisant une table de valeurs implantée en mémoire donnant I_{sat} en fonction des valeurs de T , ou en utilisant une fonction préprogrammée $I_{sat}=f(T)$. Ce calcul peut être fait en permanence, ou à intervalles de temps réguliers.

[0026] La figure 3 illustre l'implantation d'un capteur de température 7 dans un actionneur

électromécanique 1 monocarter, c'est-à-dire dont le moteur électrique 4 et la transmission mécanique 3 sont contenus dans le même carter 8 représenté en pointillés. Le capteur de température 7 est implanté sur la transmission mécanique 3 de façon à mesurer le plus directement possible la température du lubrifiant à l'intérieur de la transmission mécanique 3.

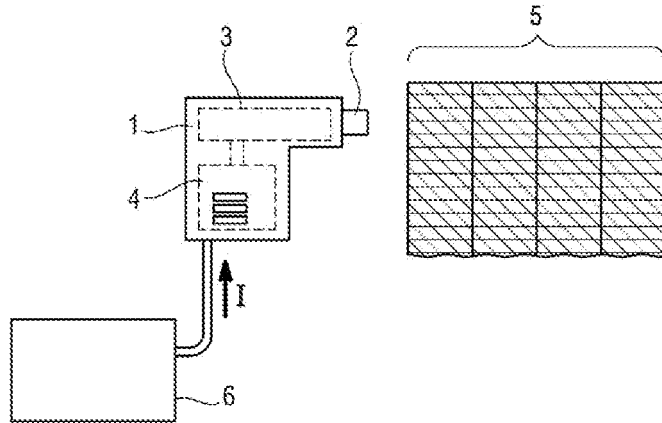
- [0027] La figure 4 illustre l'implantation d'un capteur de température 7' dans un actionneur électromécanique de freinage 1 bicarter dans lequel le moteur électrique 4 est contenu dans un premier carter 10 et la transmission mécanique 3 et le poussoir 2 sont contenus dans un deuxième carter 9, les carters 9, 10 étant assemblés entre eux pour constituer l'actionneur électromécanique de freinage 1. Dans ce cas, il est préférable que le capteur de température 7' soit solidaire du carter 9 contenant le moteur électrique 3, pour regrouper sa connexion électrique avec celle du moteur électrique 3. On réalise alors une mesure indirecte de la température du lubrifiant de la transmission mécanique, par exemple par conduction au travers du deuxième carter 9.
- [0028] De préférence, si le frein est muni de plusieurs actionneurs électromécaniques de freinage, on comparera les mesures de températures internes des différents actionneurs électromécaniques de freinage pour détecter et éliminer toute mesure aberrante, et la remplacer par une valeur recevable, par exemple par une moyenne des mesures des températures non éliminées. En variante, on peut également ou alternativement utiliser des températures estimées à partir des courants d'approche I_{app} .
- [0029] 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.
- [0030] En particulier, le frein peut avoir une structure différente de celle décrite et représentée, de même que l'actionneur électromécanique.
- [0031] Dans le cas où le procédé de l'invention est appliqué à un frein comportant plusieurs actionneurs électromécaniques de freinage 1, le procédé peut comprendre avantageusement les étapes de comparer les valeurs de courants d'approche I_{app} des différents actionneurs électromécaniques de freinage 1 pour détecter et éliminer toute valeur aberrante et la remplacer par une valeur corrigée, par exemple par une moyenne des valeurs de courant d'approche non éliminées.

Revendications

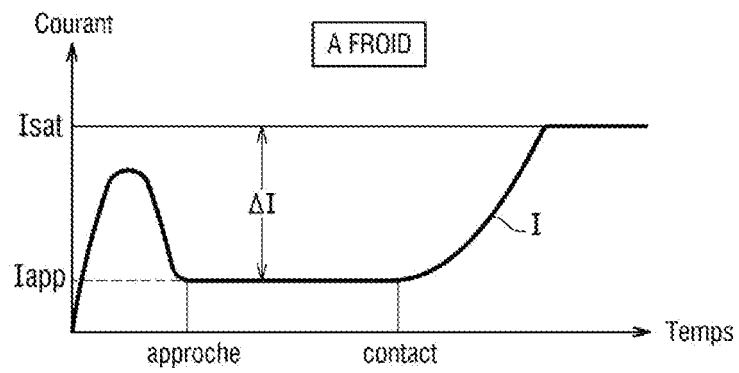
- [Revendication 1] Procédé d'alimentation en courant électrique (I) d'un actionneur électromécanique de freinage (1) équipant un frein de roue d'aéronef, lors duquel on sature le courant d'alimentation (I) fourni à l'actionneur électromécanique de freinage (1) à une valeur de saturation (I_{sat}) pour limiter le courant consommé par l'actionneur électromécanique de freinage (1) et ainsi limiter les efforts développés par l'actionneur électromécanique de freinage (1), caractérisé en ce que le procédé comporte l'étape de déterminer la valeur de saturation (I_{sat}) en fonction d'une température interne (T) de l'actionneur électromécanique de freinage (1) durant son fonctionnement.
- [Revendication 2] Procédé selon la première revendication, dans lequel on mesure une valeur d'un courant d'approche (I_{app}) circulant dans le moteur électrique (4) de l'actionneur électromécanique de freinage (1) lors d'une phase d'approche à vitesse donnée, cette valeur dépendant de la température interne de l'actionneur électromécanique de freinage (1), et on ajoute à la valeur mesurée du courant d'approche un complément de courant (ΔI) pour déterminer la valeur de saturation ($I_{sat}=I_{app}+\Delta I$).
- [Revendication 3] Procédé selon la deuxième revendication, dans lequel le complément de courant (ΔI) est constant et indépendant de la température interne de l'actionneur électromécanique de freinage (1).
- [Revendication 4] Procédé selon la deuxième revendication, dans lequel le complément de courant (ΔI) est déterminé en fonction de la température interne de l'actionneur électromécanique de freinage (1) ou en fonction de la valeur du courant d'approche (I_{app}).
- [Revendication 5] Procédé selon la deuxième revendication, dans lequel on ajuste la valeur de saturation pour qu'elle soit comprise entre une valeur minimale (I_{min}) et une valeur maximale (I_{max}) prédéterminées.
- [Revendication 6] Procédé selon la revendication 2, appliqué à un frein comportant plusieurs actionneurs électromécaniques de freinage (1), dans lequel on compare les valeurs de courants d'approche (I_{app}) des différents actionneurs électromécaniques de freinage (1) pour détecter et éliminer toute valeur aberrante et la remplacer par une valeur corrigée, par exemple par une moyenne des valeurs de courant d'approche non éliminées.
- [Revendication 7] Procédé selon la revendication 1, dans lequel on mesure la température interne (T) de l'actionneur électromécanique de freinage (1) et on

- calculer la valeur de saturation (I_{sat}) au moyen de la température interne.
- [Revendication 8] Procédé selon la revendication 7, dans lequel on calcule la valeur de saturation (I_{sat}) en fonction de la température (T) au moyen d'une table de valeurs ou d'une fonction ($I_{sat}=f(T)$).
- [Revendication 9] Procédé selon la revendication 7, appliqué à un actionneur électromécanique monocarter, dans lequel pour déterminer la température interne (T), on dispose un capteur de température (7) pour mesurer directement la température (T) d'un lubrifiant d'une transmission mécanique (3) disposée entre un moteur électrique (4) et un poussoir (2) de l'actionneur électromécanique de freinage (1).
- [Revendication 10] Procédé selon la revendication 7, appliqué à un actionneur bicarter ayant un premier carter (10) contenant un moteur électrique (4) de l'actionneur électromécanique de freinage (1) et un deuxième carter (9) contenant une transmission mécanique (3) et un poussoir (2) de l'actionneur électromécanique de freinage (1), dans lequel, pour déterminer la température interne (T), on dispose un capteur de température (7') dans le premier carter (10) pour mesurer indirectement la température (T) d'un lubrifiant de la transmission mécanique (3) contenue dans le deuxième carter (9).
- [Revendication 11] Procédé selon la revendication 7, appliqué à un frein comportant plusieurs actionneurs électromécaniques de freinage (1), dans lequel on compare les mesures de températures internes des différents actionneurs électromécaniques de freinage (1) pour détecter et éliminer toute mesure aberrante et la remplacer par une valeur corrigée, par exemple par une moyenne des mesures de températures non éliminées.

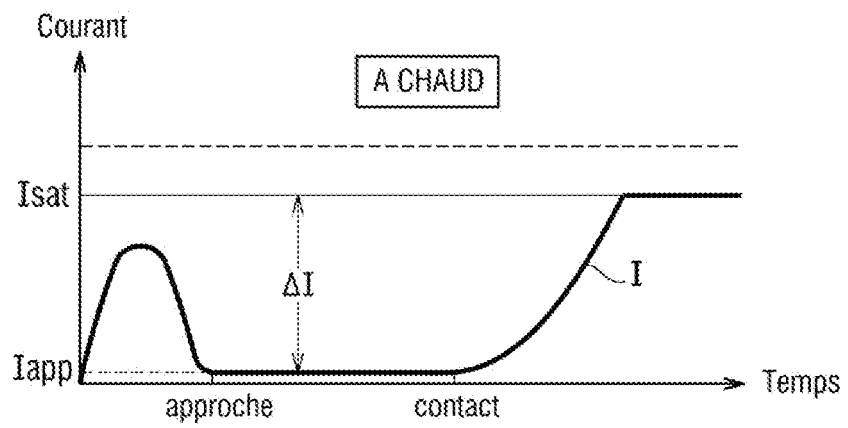
[Fig. 1]



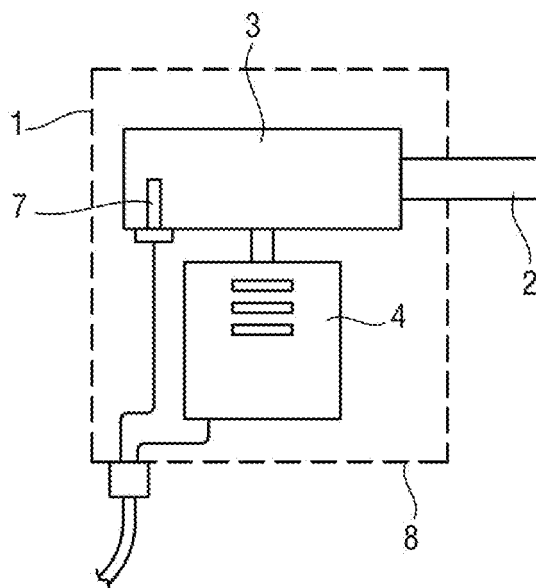
[Fig. 2a]



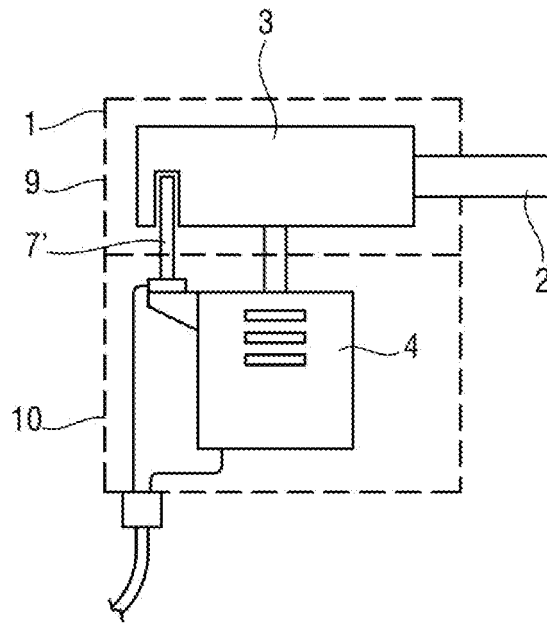
[Fig. 2b]



[Fig. 3]



[Fig. 4]





**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement national

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

FA 865912
FR 1903752

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
Y	EP 2 213 534 A1 (MESSIER BUGATTI [FR]) 4 août 2010 (2010-08-04)	1,7,8	B60T8/17
A	* alinéa [0030] - alinéa [0032]; figure 1 *	2-6,9-11	
Y	EP 2 724 907 A1 (MESSIER BUGATTI DOWTY [FR]) 30 avril 2014 (2014-04-30)	1,7,8	
A	* alinéa [0030] - alinéa [0047] *	2-6,9-11	
A	EP 2 508 398 A1 (MESSIER BUGATTI DOWTY [FR]) 10 octobre 2012 (2012-10-10) * le document en entier *	1	
A	US 2007/084682 A1 (GRIFFITH T T [US] ET AL) 19 avril 2007 (2007-04-19) * le document en entier *	1	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			B60T
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
10 décembre 2019		Graniou, Marc	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention	
X : particulièrement pertinent à lui seul		E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure.	
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie		D : cité dans la demande	
A : arrière-plan technologique		L : cité pour d'autres raisons	
O : divulgation non-écrite		
P : document intercalaire		& : membre de la même famille, document correspondant	

2

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1903752 FA 865912**

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

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **10-12-2019**

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

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 2213534	A1	04-08-2010	BR PI1000069 A2	29-03-2011
			CA 2690329 A1	16-07-2010
			CN 101780797 A	21-07-2010
			EP 2213534 A1	04-08-2010
			FR 2941204 A1	23-07-2010
			JP 5043963 B2	10-10-2012
			JP 2010163162 A	29-07-2010
			US 2010185376 A1	22-07-2010

EP 2724907	A1	30-04-2014	BR 102013027148 A2	26-09-2017
			CA 2829969 A1	26-04-2014
			CN 103786876 A	14-05-2014
			EP 2724907 A1	30-04-2014
			FR 2997379 A1	02-05-2014
			JP 5792785 B2	14-10-2015
			JP 2014084112 A	12-05-2014
			US 2014116821 A1	01-05-2014

EP 2508398	A1	10-10-2012	BR 102012008023 A2	04-06-2013
			CA 2773770 A1	05-10-2012
			CN 102729965 A	17-10-2012
			EP 2508398 A1	10-10-2012
			FR 2973761 A1	12-10-2012
			US 2012271490 A1	25-10-2012

US 2007084682	A1	19-04-2007	US 2007084682 A1	19-04-2007
			WO 2008105813 A2	04-09-2008
