(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 4 541 684 A1**

(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
23.04.2025 Bulletin 2025/17

(21) Numéro de dépôt: **24204017.8**

(22) Date de dépôt: **01.10.2024**

(51) Classification Internationale des Brevets (IPC):
B61F 5/24 *(2006.01)*

(52) Classification Coopérative des Brevets (CPC):
B61F 5/245

(84) Etats contractants désignés:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC ME MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Etats d'extension désignés:
BA
Etats de validation désignés:
GE KH MA MD TN

(30) Priorité: **17.10.2023 FR 2311210**

(71) Demandeur: **ALSTOM Holdings**
93400 Saint-Ouen-sur-Seine (FR)

(72) Inventeurs:
- **QUEZADA-GUZMAN, Felipe**
  71200 Le Creusot (FR)
- **HAM-LIVET, Guillaume**
  71210 Saint-Eusèbe (FR)

(74) Mandataire: **Plasseraud IP**
104 Rue de Richelieu
CS92104
75080 Paris Cedex 02 (FR)

(54) **DISPOSITIF D'AMORTISSEMENT POUR VÉHICULE FERROVIAIRE, VÉHICULE FERROVIAIRE ET PROCÉDÉ DE PILOTAGE ASSOCIÉS**

(57) Ce dispositif d'amortissement (100) pour véhicule ferroviaire (2) comprend des amortisseurs latéraux (102), chacun configuré pour relier la caisse (20) à un bogie (30) respectif, les amortisseurs latéraux (102) étant des amortisseurs semi-actifs et étant chacun piloté par une électrovanne (108) respective, deux premiers accéléromètres (110), configurés pour être fixé à la caisse (20) au voisinage d'un bogie (30) respectif, et une unité électronique de contrôle (104), qui détecte une instabilité cinématique en fonction des mesures d'accélérations reçues et qui pilote chaque amortisseur latéral en commandant l'électrovanne correspondante. L'unité électronique de contrôle est commutable entre un mode confort, où chaque électrovanne est commandée avec une fréquence de commande supérieure à 100 Hz, de manière à optimiser le confort passager, un effort généré par l'amortisseur latéral associé allant jusqu'à un premier seuil d'effort, et un mode refuge, où chaque électrovanne est commandée avec une fréquence de rafraichissement inférieure à 1 Hz, de manière à développer un effort d'amortissement allant jusqu'à un deuxième seuil d'effort, qui est supérieur d'au moins 40% du premier seuil d'effort, l'unité électronique de contrôle étant configurée pour passer du mode confort vers le mode refuge lorsqu'une instabilité cinématique est détectée.

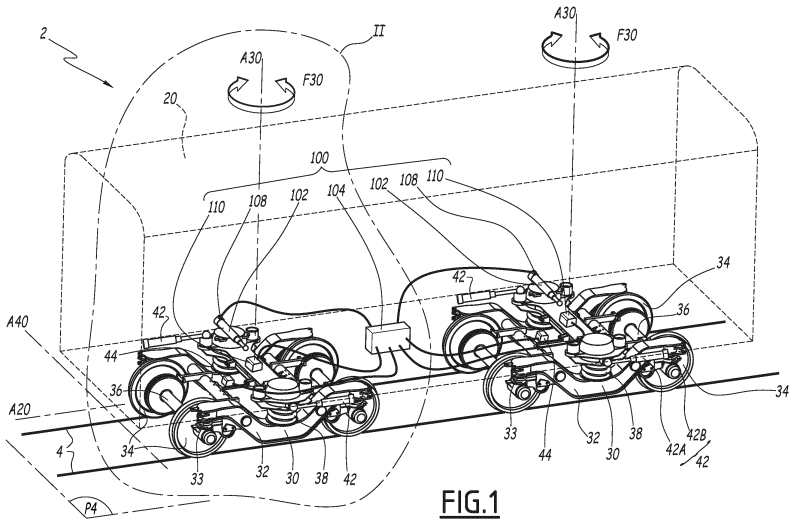

FIG.1

Processed by Luminess, 75001 PARIS (FR)

Description

[0001] La présente invention concerne un dispositif d'amortissement pour véhicule ferroviaire, un véhicule ferroviaire équipé d'un tel dispositif et un procédé de pilotage d'un tel dispositif d'amortissement.

[0002] Un véhicule ferroviaire comprend généralement une caisse montée sur deux bogies. La caisse est en général suspendue par rapport aux bogies, par exemple sur un dispositif pneumatique. Sous certaines conditions de circulation, des instabilités cinématiques des bogies peuvent apparaitre, suivant un mouvement de lacet des bogies. Ces instabilités de lacets sont aussi appelées « *bogie hunting* » en anglais. Pour des raisons de sécurité, des amortisseurs antilacets, dits aussi « *anti-yaw dampers* » en anglais, sont installés entre les bogies et la caisse, pour amortir les mouvements de lacet des bogies par rapport à la caisse. Pour chaque bogie, les amortisseurs antilacets sont généralement associés par paire, les amortisseurs d'une même paire étant installés de chaque côté du bogie parallèlement au sens de circulation du véhicule. Lorsque l'un des amortisseurs antilacets d'un bogie est défaillant, en cas de détection d'une instabilité de lacet la vitesse de circulation du véhicule ferroviaire est maintenue inférieure à une vitesse de sécurité, ou « *fail-safe speed* » en anglais.

[0003] Dans le cas des trains à grande vitesse, par soucis de redondance chaque bogie comprend généralement deux paires d'amortisseurs antilacets, car les efforts dynamiques sont plus importants que pour les trains dits classiques, comme par exemple les trains régionaux, et l'impact de la marge de stabilité est d'autant plus critique sur la sécurité de circulation dans le cas des trains à grande vitesse.

[0004] D'autre part, pour améliorer le confort des passagers et réduire les accélérations latérales de la caisse, des amortisseurs latéraux sont aussi prévus entre la caisse et les bogies.

[0005] JP-4 845 423-B2, JP-H11-268 646-A et CN-110 341 738-A décrivent chacun des exemples de véhicules ferroviaires de l'art antérieur. EP-2 020 356-A2 décrit, quant à lui, un véhicule ferroviaire dont chaque bogie est équipé d'un amortisseur latéral semi-actif. Cependant, les amortisseurs latéraux ne contribuent pas à la stabilité du véhicule tant que l'ensemble des amortisseurs antilacets sont fonctionnels.

[0006] Les bogies des trains à grande vitesse sont ainsi chacun équipés à la fois généralement de deux paires d'amortisseurs antilacets et d'au moins un amortisseur latéral, ce qui est lourd et coûteux.

[0007] C'est à ces problèmes qu'entend plus particulièrement remédier l'invention, en proposant un dispositif d'amortissement latéral amélioré, qui contribue à la fois au confort et à la stabilité du véhicule.

[0008] À cet effet, l'invention concerne un dispositif d'amortissement pour véhicule ferroviaire comprenant une caisse montée sur deux bogies, le dispositif d'amortissement comprenant :

- des amortisseurs latéraux, chacun configuré pour relier la caisse à un bogie respectif, les amortisseurs latéraux étant des amortisseurs semi-actifs et étant chacun pilotés par une électrovanne respective,
- deux premiers accéléromètres, chaque premier accéléromètre étant configuré pour être fixé à la caisse au voisinage d'un bogie respectif et configuré pour mesurer des accélérations de la caisse suivant une direction transversale de la caisse, la direction transversale étant orthogonale à un axe longitudinal de la caisse et radiale à un axe de lacet du bogie correspondant,
- une unité électronique de contrôle, configurée pour recevoir des mesures d'accélération en provenance des premiers accéléromètres et en provenance de deuxièmes accéléromètres fixés aux bogies, pour détecter une instabilité cinématique en fonction des mesures d'accélérations reçues, et pour piloter chaque amortisseur latéral en commandant l'électrovanne correspondante.

[0009] Selon l'invention, le dispositif électronique de contrôle est commutable entre :

- un premier mode de fonctionnement dit mode confort, dans lequel l'unité électronique de contrôle commande chaque électrovanne avec une fréquence de commande supérieure à 100 Hz, de manière à optimiser le confort passager, un effort généré par l'amortisseur latéral associé allant jusqu'à un premier seuil d'effort, et
- un deuxième mode de fonctionnement dit mode refuge, dans lequel l'unité électronique de contrôle commande chaque électrovanne avec une fréquence de rafraichissement inférieure à 1 Hz, de manière à développer un effort d'amortissement allant jusqu'à un deuxième seuil d'effort, qui est supérieur d'au moins 40% du premier seuil d'effort,

alors que l'unité électronique de contrôle est configurée pour passer du mode confort vers le mode refuge lorsqu'une instabilité cinématique est détectée.

[0010] Grâce à l'invention, lorsqu'une instabilité dynamique est détectée, par exemple lorsqu'un ou plusieurs des amortisseurs antilacets sont défaillants et que la marge de stabilité devient insuffisante, conduisant une instabilité de lacet, le dispositif électronique de contrôle bascule en mode refuge, dans lequel les amortisseurs latéraux contribuent à la disparition de l'instabilité grâce à leur effort d'amortissement élevé. On évite ainsi d'avoir à réduire la vitesse de circulation sous la vitesse de sécurité. Avantageusement, lorsqu'un tel dispositif d'amortissement équipe un véhicule ferroviaire, par exemple un véhicule grande vitesse, le véhicule ferroviaire se suffit d'un seul amortisseur antilacet par côté de bogie, au lieu de deux qui sont traditionnellement nécessaires afin de garantir le niveau de stabilité requis en cas de défaillance d'un amortisseur antilacet.

[0011] Avantageusement, le deuxième seuil d'effort est compris entre 14 kN et 20 kN.

[0012] Selon un autre aspect, l'invention concerne un véhicule ferroviaire comprenant le dispositif d'amortissement tel que défini précédemment, dans lequel chaque bogie est pivotant par rapport à la caisse autour de l'axe de lacet respectif, chaque bogie étant relié à la caisse par l'amortisseur latéral respectif, qui est disposé selon la direction transversale, et dans lequel chaque premier accéléromètre est fixé à la caisse au voisinage de chaque bogie.

[0013] Avantageusement :

- Chaque bogie est équipé d'un des deuxièmes accéléromètres reliés à l'unité électronique de contrôle, chaque deuxième accéléromètre étant configuré pour mesurer les accélérations du bogie correspondant selon la direction transversale de la caisse, et pour transmettre les mesures d'accélérations au dispositif électronique de contrôle.
- Chaque deuxième accéléromètre fait partie d'un dispositif de supervision du bogie correspondant.
- Chaque deuxième accéléromètre est mono-axial.
- Le véhicule ferroviaire comprend, en outre, des amortisseurs antilacet, pour amortir les instabilités cinématiques de lacets entre la caisse et les bogies, et dans lequel chaque bogie est relié à la caisse par des amortisseurs antilacets, disposés en paires de chaque côté du bogie correspondant.
- Chaque bogie est relié à la caisse par une seule paire d'amortisseurs antilacets.
- Le véhicule ferroviaire est un véhicule à grande vitesse, configuré pour circuler à des vitesses supérieures ou égale à 200 km/h.

[0014] Selon un autre aspect, l'invention concerne un procédé de pilotage d'un véhicule ferroviaire tel que défini précédemment, dans lequel le procédé comprend les étapes consistant à :

a) mesurer, au moyen des deuxièmes accéléromètres montés sur chaque bogie, une accélération latérale de ce bogie,

b) comparer les mesures d'accélération à un critère d'instabilité, au moyen de l'unité électronique de contrôle,

c) en cas de dépassement du critère d'instabilité, si le dispositif d'amortissement est dans le mode confort, faire passer le dispositif d'amortissement dans le mode refuge.

[0015] Ce procédé induit les mêmes avantages que ceux mentionnés ci-dessus au sujet du dispositif d'amortissement de l'invention.

[0016] L'invention sera mieux comprise, et d'autres avantages de celle-ci apparaîtront plus clairement à la lumière de la description qui va suivre, d'un mode de réalisation d'un dispositif d'amortissement, d'un véhicule ferroviaire et d'un procédé de pilotage conformes à son principe, donnée uniquement à titre d'exemple et faite en référence aux dessins annexés, dans lesquels :

- [Fig 1] la figure 1 est une vue schématique d'un véhicule ferroviaire conforme à l'invention, comprenant un dispositif d'amortissement conforme à l'invention, et
- [Fig 2] la figure 2 est une vue à plus grande échelle du détail II à la figure 1.

[0017] Un véhicule ferroviaire 2 est représenté sur la figure 1. Le véhicule ferroviaire 2 est prévu pour se déplacer sur des rails 4. Les rail 4 sont ici rectilignes et horizontaux, et sont situés dans un plan P4, qui est ici horizontal. Le véhicule ferroviaire 2 est ici un train à grande vitesse, c'est-à-dire configuré pour circuler à des vitesses supérieures à 200 km/h et pouvant atteindre 250 km/h, voire 300 km/h ou plus. Alternativement, le véhicule ferroviaire 2 est un train régional, circulant à des vitesses typiquement comprises entre 140 km/h et 200 km/h. Ce type de train ne dispose généralement pas de système de surveillance de la stabilité bogie. La mise en oeuvre de cette invention permet d'améliorer la sécurité de ce type de véhicule.

[0018] Le véhicule ferroviaire 2 comprend une caisse 20, représentée par des traits en pointillés sur la figure 1. La caisse 20 présente une forme allongée s'étendant dans la longueur suivant un axe longitudinal A20. L'axe longitudinal A20 est parallèle au plan P4.

[0019] Le véhicule ferroviaire 2 comprend aussi deux bogies 30, sur lesquels est montée la caisse 20. Les bogies 30 sont représentés de manière schématique et non limitative. Ce qui est valable pour l'un des bogies 30 est transposable à l'autre des bogies. Les deux bogies 30 sont de préférence identiques.

[0020] Chaque bogie 30 comprend un châssis 32, et quatre roues 34, qui sont fixées par paire sur un axe 36 respectif, lequel est mobile en rotation par rapport au châssis 32 et est en appui sur le châssis 32 par l'intermédiaire d'une suspension primaire 33. Dans l'exemple illustré, la suspension primaire 33 comprend quatre ressorts, chacun agencé à une extrémité respective d'un axe 36. Les roues 34 présentent un profil conique. Chaque bogie 30 supporte la caisse 20 par l'intermédiaire d'une suspension secondaire 38, ici représentée par des ressorts.

[0021] Chaque bogie 30 est mobile en rotation par rapport à la caisse 20 autour d'un axe respectif, dit axe de lacet A30, qui est sensiblement orthogonal au plan P4 et passe par un centre de ce bogie 30, ce centre étant sensiblement situé au barycentre des quatre roues 34 de ce bogie 30. Les axes de lacet A30 sont ici verticaux. Par commodité, on définit aussi un axe transversal A40 de la caisse 20, l'axe transversal A40 étant parallèle au plan P4 et orthogonal à l'axe longitudinal A20. L'axe transversal A40 est ici horizontal.

[0022] Lorsque le véhicule ferroviaire 2 se déplace sur

les rails 4, la caisse 20 suit une trajectoire moyenne sensiblement équivalente au chemin des rails 4. Dans des sections de voies en ligne droite ou dans de très grandes courbes, sous l'effet de la conicité des roues 34, des instabilités dynamiques de lacet des bogies 30 peuvent survenir, c'est-à-dire que les bogies 30 oscillent autour de la trajectoire moyenne de la caisse 20 selon un mouvement désigné classiquement par « lacet cinématique », ou « *bogie hunting* » en anglais. Ce mouvement de lacet cinématique est non seulement inconfortable pour les passagers, mais aussi dangereux si le véhicule 2 approche d'une vitesse limite dite vitesse de stabilité, où le mouvement de lacet cinématique présente très peu d'amortissement et applique des efforts élevés à la voie. Le mouvement oscillant de chaque bogie 30 autour de l'axe de lacet A30 correspondant est représenté par une double flèche F30, circulaire et centrée sur l'axe de lacet A30.

[0023] Le véhicule ferroviaire 2 comprend des amortisseurs antilacets 42, qui relient chaque bogie 30 à la caisse 20 et qui sont configurés pour amortir les instabilités cinématiques de lacets F30 entre la caisse 20 et les bogies 30. Sur les figures, les amortisseurs antilacets 42 sont représentés de manière schématique, les proportions relatives entre les amortisseurs antilacets 42 et le reste du véhicule ferroviaire 2 n'étant pas forcément respectées.

[0024] Les amortisseurs antilacets 42 sont disposés par paire de chaque côté du bogie 30 correspondant, de manière à exercer un moment autour de l'axe de lacet A30 de ce bogie 30. Par exemple chaque amortisseur antilacet 42 est disposé orthoradialement à l'axe de lacet A30 du bogie 30 correspondant. Les amortisseurs antilacets 42 sont généralement agencés au plus loin du centre du bogie 30 et parallèlement au véhicule 2, pour qu'à effort d'amortisseur constant, le couple d'amortissement antilacet soit le plus élevé possible.

[0025] Les amortisseurs antilacets 42 sont généralement des amortisseurs passifs. Selon des modes de réalisation, les amortisseurs antilacets 42 comprennent un piston 42A mobile dans un cylindre 42B, l'effort d'amortissement étant généralement proportionnel à la vitesse de déplacement axiale du piston 42A par rapport au cylindre 42B et s'opposant au mouvement relatif du piston 42A par rapport au cylindre 42B. Lorsque les mouvements relatifs du piston 42A par rapport au cylindre 42B sont rapides, la force maximale qu'un amortisseur 42 peut développer définit un effort maximal, exprimé en kilo-Newton - kN -. Les amortisseurs antilacets 42 utilisés dans le cadre de la présente invention développent typiquement un effort maximal compris entre 6 kN et 12 kN.

[0026] Alors que dans l'art antérieur, chaque bogie 30 d'un train à grande vitesse comprend généralement deux paires d'amortisseurs antilacets, grâce à l'invention, pour des raisons expliquées plus loin, chaque bogie 30 est reliée à la caisse 20 par une seule paire d'amortisseurs antilacet 42, ce qui allège les masses et les coûts sans compromettre la stabilité - et donc la sécurité - lors de la circulation à haute vitesse. Bien entendu, les principes de l'invention peuvent aussi être mis en oeuvre pour un bogie équipé de deux paires d'amortisseurs antilacets, ce qui n'apporte pas d'avantage en termes de coûts, mais améliore néanmoins la sécurité de circulation à haute vitesse.

[0027] Chaque bogie 30 est équipé d'un dispositif de supervision 44, dit aussi BMS - pour *Bogie Monitoring System* en anglais - dans la suite de la description, qui comprend un accéléromètre latéral, non représenté, qui est fixé au bogie 30 correspondant et qui est configuré pour mesurer les accélérations subies par ce bogie 30 parallèlement à l'axe transversal A40, autrement dit radialement à l'axe de lacet A30 du bogie 30 correspondant et orthogonalement à l'axe longitudinal A20 de la caisse 20. Le BMS 44 est configuré pour détecter, en fonction des mesures de l'accéléromètre latéral, si le véhicule 2 est dans une situation d'instabilité cinématique. Chaque BMS 44 est ici représenté schématiquement par un parallélépipède fixé au châssis 32 d'un bogie 30 respectif.

[0028] Un exemple non limitatif de critère d'instabilité permettant de déterminer si les bogies 30 sont dans une situation d'instabilité cinématique est donné dans la norme EN 14363+A2:2022, sur les « essais et simulations en vue de l'homologation des caractéristiques dynamiques des véhicules ferroviaires ». De manière schématique, les mesures d'accélérations du bogie 30 sont filtrées dans un filtre passe-bande, et si une valeur quadratique de l'accélération filtrée dépasse un certain critère d'instabilité prédéterminé pendant un intervalle de temps donné, alors on considère que ce bogie 30 est dans une situation d'instabilité cinématique. Bien entendu, d'autres critères d'instabilité cinématique peuvent être employés, notamment selon les pays et/ou selon les conditions de circulation retenues.

[0029] Ainsi, pour détecter les instabilités cinématiques, il suffit que l'accéléromètre latéral d'un BMS 44 soit un accéléromètre mono-axial, configuré pour mesurer les accélérations du bogie 30 radialement à l'axe de lacet A30 de ce bogie 30 et orthogonalement à l'axe longitudinal A20 de la caisse 20. Un tel accéléromètre mono-axial est avantageux par rapport à un accéléromètre multiaxial, car moins coûteux.

[0030] Le véhicule ferroviaire 2 comprend aussi un dispositif semi-actif d'amortissement 100, configuré pour amortir les accélérations de la caisse 20 par rapport aux bogies 30 suivant la direction transversale A40. Le dispositif semi-actif d'amortissement 100 est aussi appelé dispositif d'amortissement latéral.

[0031] Le dispositif d'amortissement latéral 100 comprend deux amortisseurs latéraux 102, qui sont chacun configurés pour relier la caisse 20 à un bogie 30 respectif. Dans l'exemple illustré, chaque amortisseur latéral 102 est disposé parallèlement à l'axe transversal A40 de la caisse et radialement à l'axe de lacet A30 du bogie 30 correspondant. Les amortisseurs latéraux 102

sont représentés schématiquement sur les figures, les proportions relatives entre les amortisseurs latéraux 102 et le reste du véhicule ferroviaire 2 n'étant pas respectées.

[0032] Les amortisseurs latéraux 102 sont des amortisseurs semi-actifs, c'est-à-dire que chaque amortisseur latéral 102 est configuré pour exercer un effort d'intensité variable, l'intensité de cet effort étant piloté par une unité électronique de contrôle 104 - aussi appelée ECU, pour « *electronic control unit* » en anglais - appartenant au dispositif d'amortissement latéral 100 via une électrovanne 108 de distribution respective. Chaque électrovanne 108 est ici schématiquement représentée par un parallélépipède monté sur un corps de l'amortisseur latéral 102 correspondant. Chaque électrovanne 108 est pilotée par l'unité électronique de contrôle 104.

[0033] De manière schématique, chaque amortisseur latéral 102 comprend un cylindre, dans lequel est reçu un piston mobile, qui sépare le cylindre en deux chambres. Les deux chambres sont remplies d'un fluide hydraulique et sont reliées l'une à l'autre, en circuit fermé, par l'intermédiaire de l'électrovanne 108 correspondante. Lors des mouvements du piston, le fluide hydraulique circule entre les deux chambres via l'électrovanne 108, qui travaille en double-flux et qui est pilotée par l'unité électronique de contrôle 104 de manière à réguler le passage du fluide hydraulique et à régler l'effort d'amortissement généré par l'amortisseur latéral 102. Lorsque l'électrovanne 108 est fermée, l'effort d'amortissement est maximal. À l'inverse, lorsque l'électrovanne 108 est ouverte, l'effort d'amortissement est minimal.

[0034] Le dispositif d'amortissement 100 comprend aussi deux accéléromètres 110, qui sont fixés sur la caisse 20 et qui sont configurés pour mesurer les accélérations de la caisse 20, en particulier pour mesurer les accélérations latérales, c'est-à-dire parallèlement à l'axe transversal A40, de la caisse 20. Chaque accéléromètre 110 est placé au voisinage d'un bogie 30 respectif. Dans l'exemple illustré, chacun des accéléromètres 110 a la forme d'un parallélépipède et est traversé par l'axe de lacet A30 du bogie correspondant.

[0035] L'unité électronique de contrôle 104 est aussi reliée aux dispositifs de supervision 44 placés sur les bogies 30, de manière à recevoir les mesures d'accélérations en provenance des accéléromètres latéraux de ces dispositifs de supervision 44.

[0036] L'unité électronique de contrôle 104 est configurée pour recevoir les mesures d'accélération latérale des accéléromètres 110, et pour piloter les électrovannes 108 suivant une méthode de contrôle préalablement enregistrée dans une mémoire de l'unité électronique de contrôle 104. Une telle méthode de contrôle est par exemple une loi dite *« Skyhook »*.

[0037] L'unité électronique de contrôle 104 comprend deux modes principaux de fonctionnement, avec un premier mode de fonctionnement, dit mode confort, et un deuxième mode de fonctionnement, dit mode refuge. L'unité électronique de contrôle 104 est configurée pour passer du mode confort vers le mode refuge lorsqu'une instabilité cinématique F30 est détectée.

[0038] En mode confort, chaque électrovanne 108 pilote l'amortisseur latéral 102 correspondant suivant une consigne d'effort élaborée par l'unité électronique de contrôle 104 reposant sur un algorithme d'optimisation du confort, Skyhook par exemple. Ce mode confort conduit à ce que l'ouverture de l'électrovanne 108 soit continûment variable au cours du temps, de manière que l'effort d'amortissement généré par l'amortisseur latéral 102 varie de manière continue.

[0039] L'unité électronique de contrôle 104 est un dispositif électronique qui comprend une horloge interne, et travaille à une fréquence d'horloge donnée, qui est généralement fixe. Le dispositif de contrôle 104 ajuste l'ouverture de l'électrovanne 108 à une fréquence de commande qui est différente de fréquence d'horloge de l'unité électronique de contrôle 104.

[0040] Chaque électrovanne 108 étant un dispositif électromécanique, chaque électrovanne est intrinsèquement limitée par son temps de réponse aux commandes reçues de l'unité électronique de contrôle 104. Le temps de réponse correspond par exemple au temps pour passer d'une ouverture totale à une position quasiment fermée. De préférence, les électrovannes 108 choisies ont des temps de réponse réduits, c'est-à-dire typiquement de l'ordre de quelques dizaines de millisecondes, par exemple 20 ms. En pratique, en mode confort l'unité électronique de contrôle 104 ne demande jamais à l'électrovanne 108 une ouverture stabilisée sur une plage de temps de supérieure à quelques dizaines de millisecondes.

[0041] Par « continument variable », on entend que la fréquence de commande est élevée, par exemple une fréquence de commande supérieure à 100 Hz, de préférence supérieure à 500 Hz, de préférence encore supérieure à 1000 Hz. Autrement dit, en mode confort l'ouverture de l'électrovanne 108 reste stable dans des intervalles de temps inférieurs à 10 ms, de préférence inférieurs à 2 ms, de préférence encore inférieurs à 1 ms.

[0042] L'unité électronique de contrôle 104 exploite à cette fin les informations du capteur accélérométrique 110 de manière à développer un effort d'amortissement permettant l'optimisation du confort des passagers dans une majorité des conditions de circulation du véhicule ferroviaire 2. En mode confort, la plage d'effort balayée par l'amortisseur latéral 102 est classiquement comprise entre 0 et 10 kN.

[0043] En mode refuge, chaque électrovanne 108 pilote l'amortisseur latéral 102 correspondant suivant une consigne d'effort élaborée par l'unité électronique de contrôle 104 reposant sur un algorithme d'optimisation de la stabilité. Ce mode refuge conduit à ce que l'ouverture de l'électrovanne 108 reste constante pendant des intervalles de temps significativement plus longs qu'en mode confort, ces intervalles de temps étant de l'ordre de la seconde, par exemple supérieurs à 1 s.

[0044] De manière simplifiée, la durée minimale de

l'intervalle pendant lequel l'ouverture de l'électrovanne 108 reste constante est basée sur la fréquence de lacet cinématique du bogie, qui est typiquement comprise entre 1 et 7 Hz dans le cas des trains à grande vitesse, ce qui correspond à une période d'instabilité cinématique comprise entre 0,14 s et 1 s. En pratique, en mode refuge l'intervalle de temps pendant lequel l'électrovanne 108 reste constante est choisi supérieur à dix fois la période d'instabilité cinématique, soit typiquement entre 1,4 s et 10 s. À titre d'exemple, pour une fréquence de lacet cinématique à 5 Hz, la durée minimale pendant laquelle l'électrovanne 108 reste constante est typiquement fixée à 2 s.

[0045] L'unité électronique de contrôle 104 exploite à cette fin les informations de l'accéléromètre du BMS 44 de manière à développer un effort d'amortissement permettant de garantir la stabilité du bogie 30 et ainsi la sécurité de circulation. Par exemple, l'algorithme correspondant au mode refuge fait intervenir un fonctionnement par paliers en commençant, lors d'une détection d'instabilité, par une ouverture de l'électrovanne 108 très faible de manière à produire un effort suffisamment important pour retrouver la stabilité. Ensuite, après une durée significativement plus grande que celle correspondant au mouvement de lacet cinématique du bogie 30 (de l'ordre de quelques secondes), l'ouverture de l'électrovanne 108 est graduellement augmentée jusqu'à un niveau garantissant toujours la stabilité mais ne pénalisant pas trop fortement le confort passager.

[0046] Ainsi, en mode refuge, les amortisseurs latéraux 102 sont pilotés de manière à amortir prioritairement des instabilités de lacets F30. Dans le cadre de la présente invention, pour un train à grande vitesse, en condition de fermeture importante de l'électrovanne 108 les efforts développés sont par exemple entre 10 kN et 15 kN, avec possiblement des niveaux pouvant atteindre 20 kN si le niveau d'instabilité du bogie 30 l'exigeait. Sur chaque bogie 30, grâce à l'amortisseur latéral 102 présentant un deuxième seuil d'effort élevé, il est possible d'amortir les instabilités cinématiques de lacet d'un véhicule ferroviaire 2 à grande vitesse en cas de défaillance d'un amortisseur antilacet 42, même lorsque ce véhicule ferroviaire 2 ne comprend qu'une seule paire par bogie 30.

[0047] Contrairement à la situation de l'état de la technique, dans laquelle les amortisseurs latéraux sont dimensionnés uniquement en fonction du premier seuil d'effort lié au confort des passagers (typiquement jusqu'à 10 kN), dans le cadre de la présente invention chaque amortisseur latéral 102 est dimensionné pour fournir un effort maximum au moins égal au deuxième seuil d'effort (de 14 à 20 kN) nécessaire à garantir la stabilité du bogie 30 en cas de défaillance d'un amortisseur antilacet 42 ou tout autre cause d'instabilité (défaillance de suspension, usure excessive des roues ou des rails, etc.). De préférence, une marge de sécurité est prise en compte. Ainsi, dans le cas illustré où le véhicule ferroviaire 2 est un véhicule à grande vitesse, chaque amortisseur latéral 102 est dimensionné pour fournir un effort maximal supérieur ou égal à 14 kN, de préférence supérieur ou égal à 16 kN, de préférence encore supérieur ou égal à 20 kN. Autrement dit, en mode refuge l'effort maximal est supérieur d'au moins 40% de l'effort maximal en mode confort, de préférence supérieur d'au moins 60%, de préférence encore supérieur de 100% à l'effort maximal en mode confort.

[0048] On décrit à présent un procédé de pilotage du dispositif d'amortissement 100.

[0049] Lorsque le véhicule ferroviaire 2 est en circulation, les accéléromètres latéraux des BMS 44, mesurent de manière périodique les accélérations latérales du bogie 30 correspondant, par exemple toutes les 40 ms - millisecondes -, autrement dit mesurent les accélérations de ce bogie 30 suivant la direction transversale A40.

[0050] L'unité électronique de contrôle 104 reçoit les valeurs de ces mesures d'accélération et les compare à un critère d'instabilité prédéterminé, par exemple tel que défini dans la norme EN 14363+A2:2022.

[0051] Si le critère d'instabilité n'est pas dépassé, c'est-à-dire que si les bogies 30 ne présentent pas d'instabilité de lacet F30, alors l'unité électronique de contrôle 104 reste en mode confort, dans lequel les amortisseurs latéraux 102 sont pilotés pour améliorer le confort des passagers. Les accélérations latérales de la caisse 20 sont mesurées au moyen des premiers accéléromètres fixés à la caisse 20, les mesures sont reçues par l'unité électronique de contrôle 104, qui en déduit le pilotage des électrovannes 108 de manière à améliorer le confort des passagers. Par exemple, l'ouverture des électrovannes 108 est ajustée de manière périodique, par exemple après chaque mesure des accéléromètres des BMS 40.

[0052] Si, à l'inverse, un dépassement du critère d'instabilité est détecté, par exemple en cas de défaillance d'un des amortisseurs antilacets 42, alors l'unité électronique de contrôle 104 fait passer le dispositif d'amortissement 100 en mode refuge, dans lequel les amortisseurs latéraux 102 sont pilotés pour, prioritairement, amortir l'instabilité de lacet.

[0053] Dans certaines conditions inhabituelles de circulation, il se peut qu'une instabilité cinématique transitoire soit détectée, alors que les amortisseurs antilacets 42 sont fonctionnels. Une telle situation pourrait se rencontrer par exemple lorsque les roues 34 et/ou les rails 4 présentent une usure anormale, ou bien encore en cas de défaillance d'un composant de la suspension primaire 33. À cause de cette instabilité cinématique transitoire, l'unité électronique de contrôle 104 fait basculer le dispositif d'amortissement 100 dans le mode refuge, les amortisseurs latéraux 102 coopérant alors avec les amortisseurs antilacets 42, toujours fonctionnels, pour amortir l'instabilité de lacet.

[0054] Alors que le dispositif d'amortissement 100 est en mode refuge, si les mesures des accéléromètres latéraux des BMS 44 sont inférieures au critère d'instabilité pendant un intervalle de temps prédéterminé, égal par exemple à 10 secondes, alors on considère que les

bogies 30 sont revenus dans une situation stable. L'unité électronique de contrôle 104 fait alors repasser le dispositif d'amortissement 100 en mode confort.

[0055] Les modes de réalisation et les variantes mentionnées ci-dessus peuvent être combinés entre eux pour générer de nouveaux modes de réalisation de l'invention.

Revendications

1. Dispositif d'amortissement (100) pour véhicule ferroviaire (2) comprenant une caisse (20) montée sur deux bogies (30), le dispositif d'amortissement (100) comprenant :

- des amortisseurs latéraux (102), chacun configuré pour relier la caisse (20) à un bogie (30) respectif, les amortisseurs latéraux (102) étant des amortisseurs semi-actifs et étant chacun pilotés par une électrovanne (108) respective,
- deux premiers accéléromètres (110), chaque premier accéléromètre étant configuré pour être fixé à la caisse (20) au voisinage d'un bogie (30) respectif et configuré pour mesurer des accélérations de la caisse (20) suivant une direction transversale (A40) de la caisse (20), la direction transversale étant orthogonale à un axe longitudinal (A20) de la caisse (20) et radiale à un axe de lacet (A30) du bogie (30) correspondant,
- une unité électronique de contrôle (104), configurée pour recevoir des mesures d'accélération en provenance des premiers accéléromètres (110) et en provenance de deuxièmes accéléromètres fixés aux bogies (30), pour détecter une instabilité cinématique en fonction des mesures d'accélérations reçues, et pour piloter chaque amortisseur latéral (102) en commandant l'électrovanne (108) correspondante,

caractérisé en ce que l'unité électronique de contrôle (104) est commutable entre :

- un premier mode de fonctionnement dit mode confort, dans lequel l'unité électronique de contrôle (104) commande chaque électrovanne (108) avec une fréquence de commande supérieure à 100 Hz, de manière à optimiser le confort passager, un effort généré par l'amortisseur latéral associé allant jusqu'à un premier seuil d'effort, et
- un deuxième mode de fonctionnement dit mode refuge, dans lequel l'unité électronique de contrôle (104) commande chaque électrovanne (108) avec une fréquence de rafraichissement inférieure à 1 Hz, de manière à développer un effort d'amortissement allant jusqu'à un deuxième seuil d'effort, qui est supérieur d'au moins 40% du premier seuil d'effort,

et **en ce que** l'unité électronique de contrôle (104) est configurée pour passer du mode confort vers le mode refuge lorsqu'une instabilité cinématique est détectée.

2. Dispositif d'amortissement (100) selon la revendication précédente, dans lequel le deuxième seuil d'effort est compris entre 14 kN et 20 kN.

3. Véhicule ferroviaire (2), comprenant le dispositif d'amortissement (100) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel chaque bogie (30) est pivotant par rapport à la caisse (20) autour de l'axe de lacet (A30) respectif, chaque bogie étant relié à la caisse (20) par l'amortisseur latéral (102) respectif, qui est disposé selon la direction transversale (A40), et dans lequel chaque premier accéléromètre (110) est fixé à la caisse (20) au voisinage de chaque bogie.

4. Véhicule ferroviaire (2) selon la revendication 3, dans lequel chaque bogie (30) est équipé d'un des deuxièmes accéléromètres reliés à l'unité électronique de contrôle (104), chaque deuxième accéléromètre étant configuré pour mesurer les accélérations du bogie (30) correspondant selon la direction transversale (A40) de la caisse (20), et pour transmettre les mesures d'accélérations au dispositif électronique de contrôle (104).

5. Véhicule ferroviaire (2) selon la revendication 4, dans lequel chaque deuxième accéléromètre fait partie d'un dispositif de supervision du bogie (44) correspondant.

6. Véhicule ferroviaire (2) selon l'une quelconque des revendications 4 ou 5, dans lequel chaque deuxième accéléromètre est mono-axial.

7. Véhicule ferroviaire (2) selon l'une quelconque des revendications 3 à 6, dans lequel le véhicule ferroviaire (2) comprend, en outre, des amortisseurs antilacet (42), pour amortir les instabilités cinématiques de lacets entre la caisse (20) et les bogies (30), et dans lequel chaque bogie (30) est relié à la caisse (20) par des amortisseurs antilacets (42), disposés en paires de chaque côté du bogie correspondant.

8. Véhicule ferroviaire (2) selon la revendication 7, dans lequel chaque bogie (30) est relié à la caisse (20) par une seule paire d'amortisseurs antilacets (42).

9. Véhicule ferroviaire (2) selon l'une quelconque des revendications 7 ou 8, dans lequel le véhicule ferroviaire est un véhicule à grande vitesse, configuré

pour circuler à des vitesses supérieures ou égale à 200 km/h.

10. Procédé de pilotage d'un véhicule ferroviaire (2) conforme à l'une quelconque des revendications 3 à 9, dans lequel le procédé comprend les étapes consistant à :

a) mesurer, au moyen des deuxièmes accéléromètres montés sur chaque bogie (30), une accélération latérale de ce bogie,
b) comparer les mesures d'accélération à un critère d'instabilité, au moyen de l'unité électronique de contrôle (104),
c) en cas de dépassement du critère d'instabilité, si le dispositif d'amortissement est dans le mode confort, faire passer le dispositif d'amortissement (100) dans le mode refuge.

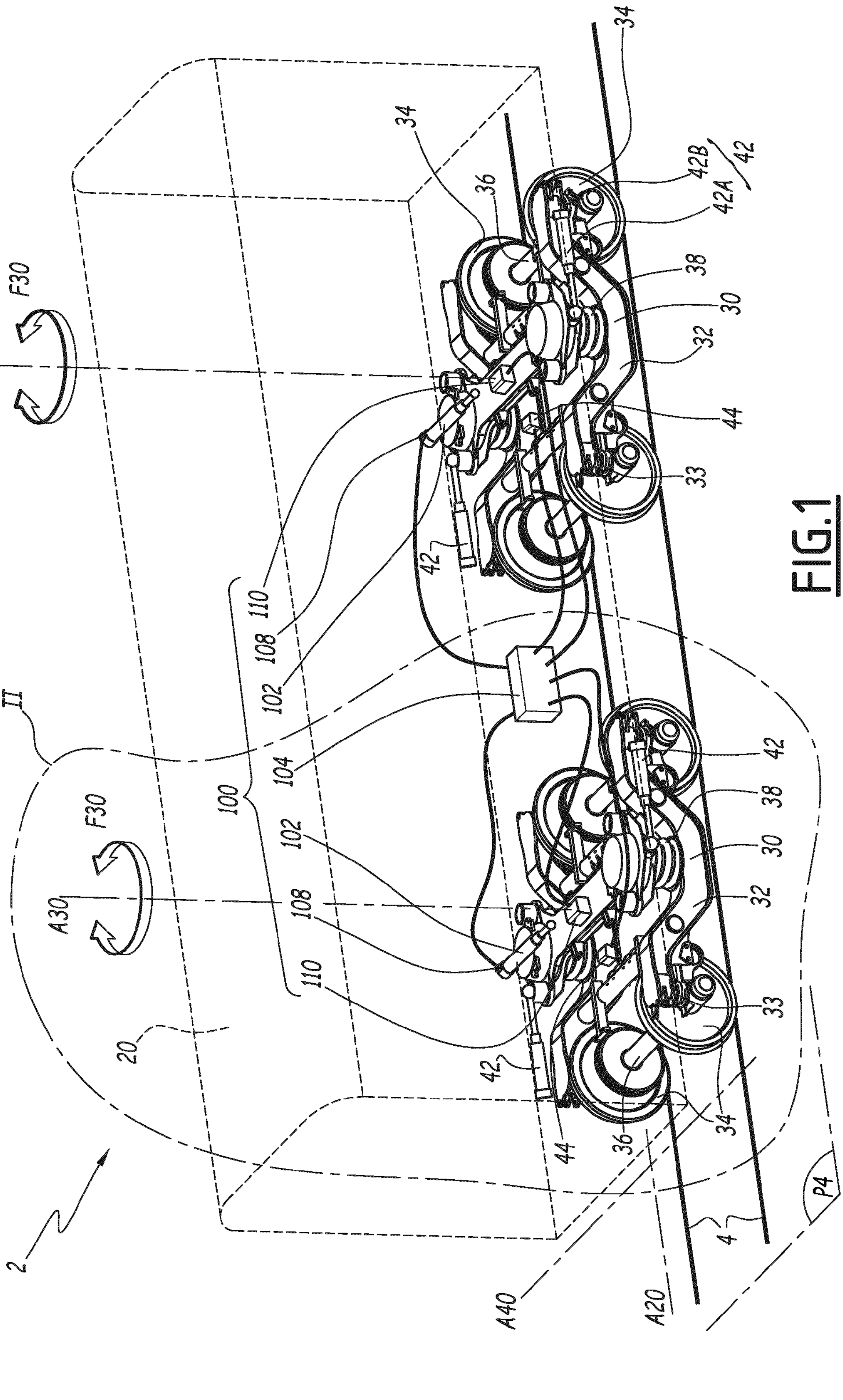
2
20
II
A30
F30
100
102
104
108
110
34
36
38
30
32
44
33
42
42A
42B
A40
A20
4
P4

FIG.1

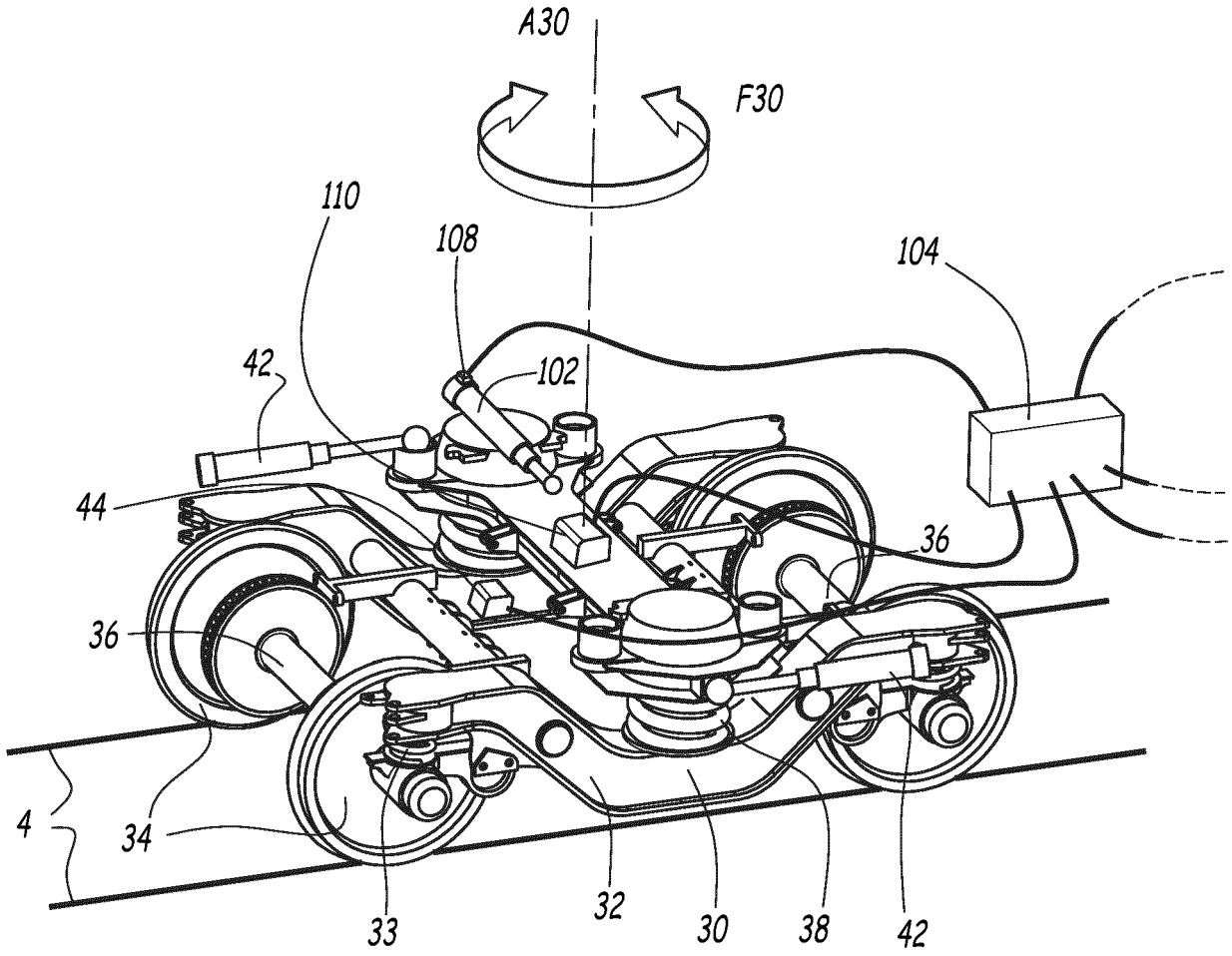

FIG.2

Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande
EP 24 20 4017

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
A	JP 4 845426 B2 (KAWASAKI HEAVY IND LTD) 28 décembre 2011 (2011-12-28) * figure 5 *	1-10	INV. B61F5/24
A	JP H11 268646 A (TOKICO LTD) 5 octobre 1999 (1999-10-05) * alinéas [0019], [0022]; figures 1-3 *	1-10	
A	CN 110 341 738 A (CRRC QINGDAO SIFANG CO LTD) 18 octobre 2019 (2019-10-18) * le document en entier *	1-10	
A,D	EP 2 020 356 A2 (KAYABA INDUSTRY CO LTD [JP]) 4 février 2009 (2009-02-04) * alinéa [0041]; figure 1 *	1-10	

DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)

B61F

Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications

Lieu de la recherche	Date d'achèvement de la recherche	Examinateur
Munich	19 février 2025	Denis, Marco

CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES

X : particulièrement pertinent à lui seul
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie
A : arrière-plan technologique
O : divulgation non-écrite
P : document intercalaire

T : théorie ou principe à la base de l'invention
E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date
D : cité dans la demande
L : cité pour d'autres raisons

& : membre de la même famille, document correspondant

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO. EP 24 20 4017

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.
Lesdits members sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

19-02-2025

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
JP 4845426 B2	28-12-2011	JP 4845426 B2	28-12-2011
		JP 2006327529 A	07-12-2006
JP H11268646 A	05-10-1999	AUCUN	
CN 110341738 A	18-10-2019	AUCUN	
EP 2020356 A2	04-02-2009	AT E490143 T1	15-12-2010
		DK 2020356 T3	07-03-2011
		EP 2020356 A2	04-02-2009
		ES 2353485 T3	02-03-2011
		KR 20090012376 A	04-02-2009

EPO FORM P0460

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- JP 4845423 B **[0005]**
- JP H11268646 A **[0005]**
- CN 110341738 A **[0005]**
- EP 2020356 A2 **[0005]**