

Description**Titre : SYSTEME DE CAPTATION DE PARTICULES DE FREINAGE****Domaine technique**

[0001] La présente divulgation relève du domaine des dispositifs de freinage de véhicules (automobiles ou ferroviaires) ou des dispositifs de freinage industriels. Le contexte vise en particulier les aspects de protection de l'environnement par l'aspiration des particules de freinage émises par les freins à friction, notamment les freins du type frein à disque.

Technique antérieure

[0002] Le document FR 3 057 040 A1 décrit une garniture de frein à disque équipée d'une rainure de collecte et d'un orifice traversant, fluidiquement relié à des moyens d'aspiration. Cette garniture permet d'aspirer efficacement les poussières de freinage sur toute la hauteur radiale de la garniture. Les moyens d'aspiration comprennent une turbine générant une dépression qui aspire les poussières pour les diriger vers un filtre de collecte.

[0003] Les documents DE 198 46 887 A1 et DE 196 43 869 A1 illustrent deux exemples de commande de moyens d'aspiration dans lesquels l'aspiration maximale est commandée lors du freinage.

[0004] Le document FR 3 088 395 A1 introduit le concept de compensation de l'aspiration en fonction du niveau de remplissage du filtre de collecte : afin de garantir une aspiration satisfaisante tout au long de la vie du filtre, la puissance d'aspiration peut augmenter si nécessaire.

[0005] Un autre exemple figure dans le document CH 687 013 A5 qui distingue un freinage effectué alors que le véhicule évolue à faible vitesse ($< 20\text{km/h}$) et lors duquel aucune aspiration n'est effectuée, d'un freinage effectué alors que le véhicule évolue à plus grande vitesse ($> 20\text{ km/h}$), freinage lors duquel, l'aspiration des poussières de freinage est commandée.

[0006] Ainsi, les systèmes existants préconisent systématiquement l'activation de l'aspiration lors des phases de freinage et la désactivation de l'aspiration après les phases de freinage. Or, comme expliqué ci-après, les inventeurs de la présente divulgation ont mis en lumière le fait que, surprenamment, des particules de freinage pouvaient être émises en dehors des phases de freinage.

Résumé

[0007] La présente divulgation propose ainsi un système de captation des particules et des procédés attenants, qui augmentent sensiblement la quantité de particules de freinage récupérées.

[0008] Il est proposé un système de captation de particules de freinage émises par un frein à disque, le système de captation comprenant : des moyens d'aspiration de particules, pouvant adopter un premier état, dans lequel les moyens d'aspiration produisent un premier niveau d'aspiration, et un second état, dans lequel les moyens d'aspiration produisent un second niveau d'aspiration, supérieur au premier niveau d'aspiration ; et une unité de commande régulant l'état des moyens d'aspiration, le système étant remarquable en ce que l'unité de commande est configurée pour basculer les

moyens d'aspiration du premier état vers le second état lorsqu'un signal de vitesse de rotation du disque du frein, reçu par l'unité de commande, indique que le disque, en phase d'accélération, a dépassé une première vitesse de rotation seuil.

5 [0009] Les inventeurs ont mis en évidence que des particules peuvent être émises même en dehors des phases de freinage, et en particulier lors d'une accélération au-delà d'une certaine vitesse. Sans vouloir être lié par la théorie, l'émission de ces particules a été affectée à une accélération centrifuge sur la surface du disque éjectant des particules qui y demeureraient après l'aspiration qui a lieu lors d'un précédent freinage. Les perturbations aérodynamiques (turbulences) générées par la rotation du disque et/ou par le mouvement du véhicule, peuvent également entrer en jeu.

10 [0010] Les inventeurs ont ainsi identifié un pic d'émissions de particules lors de l'accélération. Il semblerait qu'après l'évacuation de ces particules, le niveau d'émissions redescende, sans doute suite à l'épuisement de ces particules.

[0011] Ainsi, en commandant un niveau d'aspiration accru au moment du pic d'émissions, la captation des particules est substantiellement accrue. On observe une augmentation de 10 points
15 du nombre de particules captées en comparaison d'un système qui n'augmenterait pas son niveau d'aspiration lors du pic. La valeur de vitesse de rotation seuil à laquelle l'aspiration est déclenchée peut dépendre de la conception des pièces, des matériaux en jeu, du type de véhicule, etc. Elle peut être définie empiriquement pour chaque véhicule ou machine industrielle, ou être obtenue par modélisation ou par extrapolation après expérimentations.

20 [0012] L'application visée comprend les freins à disque de véhicules automobile ou ferroviaire ou les freins à disques industriels. Dans ce type de freins, une ou plusieurs garnitures viennent au contact d'un ou de plusieurs disques. Il est entendu que le système de captation de particules de la présente divulgation est également apte à capter des particules d'autres types de frein et notamment à tambour.

25 [0013] Par « niveau d'aspiration », il convient d'entendre un paramètre physique mesurable en lien avec l'aspiration, ce paramètre physique pouvant être la dépression (valeur absolue d'une pression négative), la vitesse du flux d'aspiration ou le débit du flux d'aspiration. Ainsi, une aspiration de niveau supérieur présente une plus grande dépression, une plus grande vitesse de flux et/ou un plus grand débit de flux d'aspiration. Dans la présente divulgation, un niveau est considéré supérieur à
30 un autre lorsque les paramètres mesurables des deux niveaux diffèrent strictement, par exemple d'une valeur relative d'au moins 1% ou d'au moins 5% ou d'au moins 10% de l'un de ces paramètres. Dans certains exemples selon la présente divulgation, cette différence peut être portée à 100%, l'un des niveaux étant double de l'autre, ou l'un des niveaux étant une absence d'aspiration.

[0014] Il est entendu que le système de la présente divulgation contient *au moins* deux niveaux
35 distincts d'aspiration en dehors des phases de freinage. Il peut ainsi comprendre plus de deux niveaux, et les moyens d'aspiration peuvent être basculés dans ces plus de deux niveaux en fonction de la vitesse de rotation du disque. De la même manière qu'un seuil de vitesse de rotation, lors d'une accélération, fait basculer les moyens d'aspiration d'un premier niveau vers un second niveau, un

autre seuil peut être prévu pour basculer du second niveau vers un troisième niveau d'aspiration, supérieur ou inférieur au second niveau, et supérieur ou inférieur au premier niveau. Les niveaux d'aspiration en dehors des phases de freinage peuvent être différents du niveau d'aspiration appliqué lors du freinage. D'autres paramètres, comme par exemple la détection *in situ* de particules émises, par un détecteur, peuvent être pris en compte pour le basculement d'un niveau d'aspiration vers un autre niveau d'aspiration.

[0015] Les « moyens d'aspiration » comprennent un ou plusieurs éléments configurés pour créer un flux dépressionnaire au voisinage de l'interface entre le disque et la garniture de friction. Les documents cités ci-dessus donnent des exemples de structures permettant de générer ce flux dépressionnaire. On citera notamment, un capotage de l'étrier, une buse d'aspiration, une garniture avec une rainure et un orifice traversant. La source de dépression peut être constituée d'une turbine. Le réglage du niveau d'aspiration peut se faire en agissant directement sur la source de dépression, par exemple l'intensité alimentant la turbine pour augmenter ou diminuer sa vitesse de rotation. Alternativement ou en complément, le réglage du niveau d'aspiration peut se faire indirectement : une vanne peut être interposée entre la source de dépression et l'interface disque/garnitures, la vanne filtrant totalement ou partiellement le pouvoir aspirant de la source de dépression.

[0016] Par « unité de commande », il convient d'entendre un élément hardware et/ou software dédié à la commande du système de captation ou intégré à un des contrôleurs principaux du véhicule (ICAN, ECU, EMS, ...) ou de la machine industrielle.

[0017] Le « signal de vitesse de rotation du disque » peut provenir d'un capteur mesurant directement la vitesse de rotation du disque (tachymètre, compte tour, capteur optique, magnétique, électrique, ESP, ABS, etc.). Alternativement, la vitesse de rotation du disque peut être mesurée indirectement : pour un véhicule, elle peut être mesurée sur le vilebrequin ; pour une machine industrielle, elle peut être estimée par la mesure de la puissance délivrée.

[0018] Le seuil de vitesse déclencheur est un seuil détecté en phase d'accélération, c'est-à-dire alors que la vitesse de rotation du disque est en augmentation, le frein demeurant inactivé. Il est à noter que la présente divulgation concerne une utilisation normale d'un dispositif et que l'activation du frein est vue ici comme incompatible avec une accélération.

[0019] La phase d'accélération peut, ou non, faire suite à une opération de freinage.

[0020] Lors d'une opération de freinage, les moyens d'aspiration peuvent adopter un état « zéro » dans lequel le niveau d'aspiration, non-nul, peut correspondre au second niveau, et/ou peut correspondre à l'aspiration maximale que peuvent produire les moyens d'aspiration, et/ou peut être inférieure au second niveau, et/ou peut être supérieure au second niveau.

[0021] Selon un mode de réalisation avantageux, le premier niveau d'aspiration correspond à une absence d'aspiration. Ainsi, le premier niveau d'aspiration peut correspondre à une source de dépression désactivée (par exemple une turbine à l'arrêt ou une vanne fermée dans une conduite reliant fluidiquement une turbine au frein). Un premier niveau non-aspirant permet d'augmenter la contribution du système à la sauvegarde de l'environnement, en consommant moins d'énergie.

[0022] Selon un mode de réalisation avantageux, l'unité de commande est configurée pour maintenir les moyens d'aspiration dans le second état, suite au basculement, pour une durée comprise entre 5 et 30 secondes, préférentiellement comprise entre 10 et 15 secondes, puis, passé cette durée, pour rebasculer les moyens d'aspiration dans le premier état. Ainsi, l'aspiration peut être contrôlée
5 indépendamment de la vitesse de rotation du disque, puisque seules quelques secondes suffisent pour garantir une aspiration idéale, même si la vitesse de rotation du disque devait rester au voisinage de la première vitesse seuil.

[0023] Selon un mode de réalisation avantageux, l'unité de commande est configurée pour basculer les moyens d'aspiration du second état vers le premier état, si les deux conditions suivantes sont
10 remplies : un signal de vitesse de rotation du disque, reçu par l'unité de commande, indique que le disque, en phase de décélération, passe sous une seconde vitesse de rotation seuil, éventuellement égale à la première vitesse de rotation seuil ; et le frein est inactif, le basculement des moyens d'aspiration du second état vers le premier état étant potentiellement effectué après une temporisation de 10 à 15 secondes pendant laquelle ces deux conditions sont maintenues vraies.
15 En effet, suite à l'accélération, si le disque décélère, les phénomènes entraînant l'émission de particules peuvent disparaître et il ne serait pas opportun de maintenir le second niveau d'aspiration puisque des particules ne seraient plus éjectées et de l'énergie serait donc gaspillée. Lorsque le frein est monté sur un véhicule, la vitesse du disque peut être obtenue par le tachymètre, la vitesse de rotation du disque étant proportionnelle à celle du véhicule.

[0024] Selon un mode de réalisation avantageux, l'unité de commande est configurée pour maintenir les moyens d'aspiration dans le second état dès lors que le signal de vitesse de rotation du disque indique que le disque tourne à une vitesse supérieure à une troisième vitesse de rotation seuil, préférentiellement égale à la première et/ou à la seconde vitesse de rotation seuil. En effet, certaines conditions peuvent mener à choisir de *maintenir* le second niveau d'aspiration lorsqu'un seuil de
25 vitesse est dépassé. Ce mode de fonctionnement peut être un mode alternatif à la durée d'activation précitée, ou il peut être sélectionnable par un utilisateur, l'unité de commande pouvant à ce titre être pourvue d'une interface dédiée permettant d'effectuer ce choix.

[0025] L'invention porte également sur un véhicule automobile ou ferroviaire comprenant : un frein à disque ; un système de captation de particules de freinage émises par le frein à disque ; et des
30 moyens de détection de la vitesse du véhicule, le système de captation comprenant : des moyens d'aspiration de particules, pouvant adopter un premier état, dans lequel les moyens d'aspiration produisent un premier niveau d'aspiration, et un second état, dans lequel les moyens d'aspiration produisent un second niveau d'aspiration, supérieur au premier niveau d'aspiration ; et une unité de commande régulant l'état des moyens d'aspiration, le véhicule étant remarquable en ce que l'unité
35 de commande est configurée pour basculer les moyens d'aspiration du premier état vers le second état lorsqu'un signal de vitesse émis par les moyens de détection de vitesse et reçu par l'unité de commande indique que le véhicule, en phase d'accélération, a dépassé une vitesse qui est comprise entre 40 et 60 km/h. En effet, bien que la vitesse seuil évoquée dans les exemples plus haut portant sur le système de captation soit dépendante de certaines spécificités liées aux matériaux employées

pour la garniture de frein et à la conception du frein, il apparaît que pour la vaste majorité des véhicules, le pic d'émissions débute entre 40 et 60 km/h. Ainsi une unité de commande configurée avec une vitesse choisie dans cette plage constitue un bon compromis pour récupérer les particules et préserver l'environnement à grande échelle, et efficacement, car ne nécessitant pas de calibrage spécifique à chaque véhicule.

[0026] L'invention porte également sur un procédé de calibrage d'un système de captation de particules selon l'un des modes de réalisation ci-dessus, le procédé comprenant, dans cet ordre : la fourniture d'un frein à disque comprenant un disque, une paire de garnitures et un étrier ; la mise en rotation du disque ; l'activation du frein par l'application d'un effort sur les garnitures au contact du disque ; la cessation de l'activation du frein ; l'accélération du disque, pendant laquelle : les particules émises par le frein sont détectées et la vitesse de rotation du disque est mesurée ; la détermination des variations de l'émission des particules en fonction de la vitesse de rotation du disque ; l'identification d'un pic d'émissions de particules sur ces variations ; la détermination d'une valeur spécifique de vitesse de rotation du disque correspondant au pic d'émissions ; et la configuration de l'unité de commande du système de captation avec ladite valeur spécifique comme première vitesse de rotation seuil.

[0027] La valeur spécifique de vitesse de rotation correspondant au pic d'émissions peut être une valeur de vitesse à laquelle le maximum d'émissions est produit. Alternativement, la valeur spécifique peut être une valeur de vitesse caractéristique en début de pic, c'est-à-dire par exemple lorsque la courbe des émissions en fonction du temps ou en fonction de la vitesse de rotation croît de façon abrupte. Une marge de tolérance, par exemple de 10% de cette valeur peut être appliquée afin de garantir que le pic d'émissions ne soit même pas amorcé et que les particules soient aspirées avant même que ce pic n'apparaisse.

[0028] Optionnellement, le calibrage peut donner lieu à la création d'une base de données comprenant les triplets disque, garniture et étrier (leur conception, leur matériau, etc.) et la valeur de vitesse de rotation seuil associée à chaque triplet. L'unité de commande peut accéder à cette base de données, identifier le disque, les garnitures et l'étrier pour identifier le triplet en jeu et retrouver la valeur de vitesse de rotation seuil à prendre en compte dans le contrôle des moyens d'aspiration.

[0029] Selon un mode de réalisation avantageux, le procédé comprend en outre : la mesure d'un couple de freinage résiduel lorsque le frein est inactivé ; et la configuration de l'unité de commande selon les principes suivants : si le couple de freinage résiduel est supérieur à une valeur seuil de couple de freinage résiduel, l'unité de commande est configurée pour maintenir les moyens d'aspiration dans le second état dès lors que le signal de vitesse de rotation du disque indique que le disque tourne à une vitesse supérieure à une vitesse de rotation seuil ; et si le couple de freinage résiduel est inférieur à la valeur seuil de couple de freinage résiduel, l'unité de commande est configurée pour maintenir les moyens d'aspiration dans le second état, suite au basculement depuis le premier état, pour une durée comprise entre 5 et 30 secondes, préférentiellement entre 10 et 15 secondes, puis, passé cette durée, pour rebasculer les moyens d'aspiration dans le premier état.

[0030] En effet, les efforts d'investigation des inventeurs ont permis d'établir qu'un couple de freinage résiduel, dû au contact permanent des garnitures sur le disque même en absence d'effort de freinage, pouvait avoir un impact non négligeable sur l'émission des particules. Dans les situations extrêmes, sur la durée de vie totale des garnitures, 30 à 40% des émissions de particules pourraient avoir lieu à cause de ce couple résiduel. Ainsi, lorsque le couple résiduel induit par le triplet disque/garniture/étrier est supérieur à un seuil prédéterminé, il peut être avantageux de configurer l'unité de commande pour maintenir l'aspiration indépendamment de la vitesse de rotation du disque.

[0031] L'invention porte également sur un procédé de contrôle d'un système de captation de particules de freinage d'un frein à disque, le système de captation comprenant des moyens d'aspiration de particules, le procédé comprenant : la détection de la vitesse de rotation du disque ; et lorsque la vitesse de rotation du disque dépasse une première vitesse de rotation seuil, le basculement de l'état des moyens d'aspiration, depuis un premier état, dans lequel les moyens d'aspiration produisent un premier niveau d'aspiration, vers un second état, dans lequel les moyens d'aspiration produisent un second niveau d'aspiration, supérieur au premier niveau d'aspiration.

[0032] Optionnellement, le système de captation de particules employé dans ce procédé est conforme à l'un des modes de réalisation exposés ci-dessus et/ou est calibré par un des procédés de calibrage exposé ci-dessus.

[0033] Ainsi, les différents aspects de la présente divulgation permettent de préserver l'environnement. Si un système d'aspiration classique opérant uniquement lors du freinage permet une efficacité de captation de l'ordre de 62%, l'activation d'un certain niveau d'aspiration au-delà d'une vitesse seuil permet de voir cette valeur dépasser 71%.

Brève description des dessins

[0034] D'autres caractéristiques, détails et avantages apparaîtront à la lecture de la description détaillée ci-après, et à l'analyse des dessins annexés, sur lesquels :

[0035] [Fig. 1] montre un véhicule, un frein à disque et un système de captation de particules.

[0036] [Fig. 2] montre un premier relevé d'émissions de particules.

[0037] [Fig. 3] montre un deuxième relevé d'émissions de particules.

[0038] [Fig. 4] montre un troisième relevé d'émissions de particules.

[0039] [Fig. 5] montre un quatrième relevé d'émissions de particules.

[0040] [Fig. 6] montre un cinquième relevé d'émissions de particules.

[0041] [Fig. 7] montre un sixième relevé d'émissions de particules.

[0042] [Fig. 8] montre un procédé.

Description des modes de réalisation

[0043] Les figures représentent différents aspects de l'invention de manière schématique. Sauf indication explicite contraire, chaque aspect présenté sur une figure peut être combiné à d'autres aspects présentés sur d'autres figures selon toutes les combinaisons techniquement possibles.

5 [0044] La figure 1 illustre une application possible pour la présente divulgation. Un véhicule 1, automobile (voiture, camionnette, camion, etc.) ou ferroviaire (train, tram, métro, etc.), comprend un dispositif de freinage 2 du type frein à disque. Il est entendu que l'invention ne se limite pas à ce type de véhicules ou à ce type de freins : en effet, l'homme du métier saura adapter l'invention pour d'autres véhicules (moto, bicyclettes, etc.) ou pour d'autres types de freins (à tambour, multi-disques, etc.).

10 [0045] Le frein 2 est essentiellement composé d'un disque 4 solidaire d'une roue du véhicule 1 et tournant à une vitesse de rotation notée W autour d'un axe 6. La vitesse de rotation W est proportionnelle à la vitesse linéaire V d'avance du véhicule 1. Un étrier 8 chevauchant en partie la périphérie du disque 4 enclave deux garnitures 10, 12. L'application d'un effort parallèle à l'axe 6 au moyen d'un ou de plusieurs pistons génère un couple de freinage par la friction des garnitures 10, 15 12 sur les faces respectives du disque 4.

[0046] Lors d'une opération de freinage, le frottement des garnitures 10, 12 sur le disque 4 est générateur de particules (poussières, PM10, PM25, etc.). Ces particules sont dommageables pour l'environnement : leur composition peut contenir des éléments difficilement assimilables par l'environnement et néfastes pour les fonctions respiratoires des personnes qui y sont exposées de 20 manière récurrente.

[0047] Un système de captation des particules 20 est ainsi prévu pour récupérer les particules. Un tel système 20 peut par exemple se présenter sous la forme présentée dans le document FR 3 057 040 A1 ou sous une autre forme, notamment selon les exemples de la littérature brevet publiée au nom de la société Tallano.

25 [0048] Le système de captation 20 peut ainsi comprendre une source de dépression 22, ici représentée comme une turbine, qui est reliée fluidiquement, par exemple au moyen d'une conduite 24 (flexible), à une zone voisine de l'interface entre les garnitures 10, 12 et le disque 4. Dans un exemple, les garnitures 10, 12 peuvent être pourvues d'un trou traversant et la conduite 24 peut être liée à la face arrière des garnitures 10, 12. La conduite 24 peut comprendre un filtre 26 ou un 30 réservoir de collection des particules. Ce filtre 26 peut par exemple être dimensionné pour ne pas nécessiter d'entretien et pour pouvoir être remplacé simultanément à un remplacement des garnitures 10, 12. Le filtre 26 peut être disposé en aval ou en amont de la turbine 22.

[0049] Le fonctionnement de la turbine 22 peut être commandé, via une connexion 28, par une unité de commande 30. L'unité de commande 30 est ici représentée schématiquement. Elle peut 35 comprendre une mémoire, un processeur et des bus de communication. Elle peut prendre la forme d'éléments hardware et/ou software dédiés à la commande du système de captation ou être intégrée à un des contrôleurs principaux du véhicule (ICAN, ECU, EMS, ...) ou de la machine industrielle.

[0050] Un capteur 32 peut détecter la vitesse de rotation du disque 4. Ce capteur 32 peut être intégré à un ensemble disposé localement à proximité du disque 4, comme par un exemple un système d'assistance au freinage (ABS) ou un système de correcteur électronique de trajectoire (ESP). Le capteur 32 peut alternativement être un capteur indirect, qui détecte par exemple la vitesse de rotation du vilebrequin et en déduit la vitesse de rotation du disque et/ou la vitesse linéaire d'avance du véhicule. Pour les machines industrielles, la vitesse du disque peut être obtenue par tout moyen approprié.

[0051] Le capteur 32 communique un signal 34 à l'unité de commande 30. Le signal 34 peut être un potentiel électrique qui correspond à une image de la vitesse de rotation du disque 4. L'ensemble est étalonné afin que l'unité de commande 30 puisse transposer le potentiel électrique du signal 34 en une valeur de vitesse de rotation du disque 4.

[0052] L'unité de commande 30 est configurée pour détecter une accélération, c'est-à-dire une variation positive de la vitesse de rotation du disque 4 et pour estimer lorsque la vitesse du disque 4 dépasse un seuil. Comme expliqué en référence aux figures suivantes, la détection de ce seuil entraîne l'unité de commande 30 à basculer le fonctionnement de la turbine 22 pour augmenter son niveau d'aspiration, par exemple par le truchement de l'augmentation de l'intensité d'alimentation de la turbine. Le niveau d'aspiration peut prendre toute valeur comprise entre une aspiration nulle et une aspiration maximale de la turbine 22.

[0053] La figure 2 illustre un essai de référence dans lequel aucune captation de particules n'est effectuée lors d'une accélération.

[0054] L'axe des abscisses représente le temps (par ex. en secondes). En ordonnées sont représentées (1) la vitesse de rotation du disque W (par ex. en tours par minute); (2) le niveau d'aspiration p (par ex. en bar); et (3) la quantité de particules CPC (pour condensation particules counter en anglais, un compteur de particules) rejetées dans l'environnement, c'est-à-dire les particules qui sont produites par le frein et qui ne sont pas captées par le système de captation. Comme évoqué plus haut, d'autres grandeurs physiques peuvent être utilisées pour caractériser le niveau d'aspiration ou la quantité de particules émises.

[0055] La vitesse de rotation du disque peut être proportionnelle à une réalité physique dans laquelle le système est employé. Pour un véhicule, il peut s'agir de la vitesse linéaire du véhicule ($V = RW$ où R est le rayon de la roue du véhicule). Ainsi, dans tous les exemples de la présente divulgation, lorsque le frein est un frein de véhicule, l'expression « vitesse de rotation du disque » peut être remplacée par « vitesse du véhicule ». Pour une machine industrielle, la réalité physique dont il s'agit peut être la puissance délivrée (puissance = couple x W) lorsque le couple est constant sur une plage de valeur suffisante de vitesse de rotation du disque. Ainsi, dans tous les exemples de la présente divulgation, lorsque le frein est un frein de machine industrielle, l'expression « vitesse de rotation du disque » peut être remplacée par « puissance de la machine ».

[0056] La courbe de la figure 2 présente une opération de freinage se déroulant entre l'instant Tf1 et l'instant Tf2. Pendant cette opération de freinage, la vitesse W décroît. L'aspiration est activée

avec une pression d'aspiration de freinage, notée p_f . Malgré l'aspiration, il peut se produire une augmentation ponctuelle des émissions de particules, le système de captation ne pouvant prétendre garantir une captation totale de l'intégralité des particules produites lors du freinage.

5 [0057] Dans cette illustration, après T_{f2} , le disque accélère. L'aspiration est inactivée et devient nulle après T_{f2} . Par simplification, la vitesse de rotation est décrite comme évoluant linéairement mais des résultats identiques sont obtenus pour une vitesse de rotation qui présente une évolution différente.

10 [0058] On observe sur cette figure qu'à basse vitesse, peu de particules sont émises et qu'un pic apparaît pour une certaine plage de valeur de vitesses. La vitesse W_a , atteinte au moment T_a indique le début du pic. Ce début peut être déterminé analytiquement par un accroissement abrupt de la quantité de particules émises, c'est-à-dire un signal dérivé (en fonction du temps ou en fonction de la vitesse) supérieur à une valeur seuil. Le pic se termine à la vitesse W_b , atteinte au moment T_b . Sans être lié par la théorie, la fin du pic est assimilée à un épuisement des particules présentes à l'interface garniture/disque. Une vitesse W_c , atteinte au moment T_c , peut être définie comme une vitesse à laquelle la quantité la plus grande de particules est émise.

15 [0059] Il est important de noter que la mise en évidence de ce pic par les inventeurs résulte d'expérimentations poussées et que l'apparition de ce pic n'est pas intuitive ou attendue pour l'homme du métier. Au contraire, l'ensemble de la littérature préconise l'aspiration des particules au moment du freinage, estimant que c'est à ce moment même que les particules sont arrachées des garnitures et qu'il convient donc d'effectuer l'aspiration simultanément à une opération de freinage.

20 [0060] En comparaison de la figure 2, la figure 3 montre un essai avec une variation de vitesse similaire, lors duquel le système de captation des particules est activé en début du pic : au moment T_1 , les moyens d'aspiration sont basculés d'un niveau d'aspiration faible ou nul (p_1) vers un niveau d'aspiration plus important (p_2). T_1 peut être le moment T_a de la figure 2, en début de pic ($W_1=W_a$ de la figure 2). Il est à noter que d'autres choix peuvent être faits pour basculer les moyens d'aspiration dans leur deuxième état, comme par exemple T_c , ou quelques secondes avant T_a , ou avant que le disque n'atteigne la vitesse W_a , par exemple lorsque le disque atteint une vitesse de 10% inférieure à W_a .

30 [0061] Le changement d'état des moyens d'aspiration est matérialisé par le passage d'une dépression p_1 (qui peut être nulle) à une dépression p_2 , supérieure (en valeur absolue) à p_1 . Comme évoqué plus haut, d'autres paramètres (vitesse du flux, débit du flux) peuvent être employés pour qualifier la distinction entre le premier niveau d'aspiration et le second niveau d'aspiration.

[0062] Dans cet exemple, la valeur de p_2 est inférieure à la valeur de p_f , dépression d'aspiration lors du freinage.

35 [0063] On observe que le pic des émissions de particules, qui est présent sur la figure 2 en l'absence d'aspiration est considérablement aplati lorsque l'aspiration est augmentée à partir de la valeur de vitesse W_1 . Le timing de cette aspiration permet un compromis entre une aspiration permanente (et donc une consommation d'énergie sans gain pour l'environnement) et l'absence d'aspiration (et donc un rejet d'émissions dans l'environnement).

[0064] La figure 3 montre également que la turbine peut rebasculer, sous l'impulsion de l'unité de commande, dans le premier état après une certaine durée Dt , c'est-à-dire à l'instant $T1+Dt$. La durée Dt peut être comprise entre 5 et 30 secondes, préférentiellement entre 10 et 15 secondes.

[0065] On notera que l'augmentation des émissions lors du freinage reste inchangée entre la figure 5 et la figure 3 puisque l'aspiration y est la même.

[0066] La figure 4 illustre le fait que lorsque la vitesse baisse en-dessous d'un certain seuil $W2$, qui peut être égal à $W1$, l'unité de commande bascule les moyens d'aspirations dans le premier état (de niveau d'aspiration inférieur). Ce basculement peut éventuellement (comme dessiné) se produire avant que la durée Dt ne se soit écoulée. En effet, l'émission de particules s'interrompant à la baisse de la vitesse, il n'est plus nécessaire de maintenir un haut niveau d'aspiration.

[0067] La figure 5 représente une variante dans laquelle le niveau d'aspiration est maintenu haut tant que la vitesse demeure supérieure à un seuil $W3$, qui peut être égal à $W1$.

[0068] La figure 6 montre une comparaison entre un système « a » et un système « b ». L'axe C représente le couple (par ex. en N.m) de frottement des garnitures sur le disque. Lors du freinage, le couple a pour valeur C_f , couple de freinage. Hors phase de freinage, par construction, les plaquettes demeurent au contact du disque sans toutefois appliquer un effort suffisant pour ralentir le disque. Ce contact peut générer un couple dit résiduel dont l'importance est propre à un triplet disque, garniture, étrier. Ainsi, un frein « a » aura par exemple un couple résiduel C_a inférieur à un système « b » ayant un couple résiduel C_b .

[0069] Les inventeurs ont mis en évidence l'implication de la valeur de couple résiduel sur l'émission de particules : la figure 6 montre que le système « b » qui présente le plus grand couple résiduel entraîne une émission d'un plus grand nombre de particules CPC_b que le système « a » qui émet moins de particules CPC_a . La différence entre les deux courbes peut s'estomper au niveau des pics d'émissions : en effet les pics d'émissions en phase de freinage ou au voisinage de la vitesse seuil peuvent être à des niveaux équivalents indépendants du niveau de couple résiduel.

[0070] La figure 7 montre que la loi de commande du niveau d'aspiration peut être choisie pour être différente pour un système ayant un haut couple résiduel (au-dessus d'un seuil donné) : pour le système b, la dépression reste à un niveau $p2$ après le passage de la vitesse $W1$ alors que le niveau peut retomber à $p1$ pour le système a à faible couple résiduel.

[0071] Dans les exemples de procédé de contrôle de l'aspiration donnés sur les figures 2 à 7, il est entendu que si, après la phase de freinage, une nouvelle phase de freinage a lieu, l'aspiration est à nouveau activée au niveau p_f .

[0072] La vitesse seuil $W1$ peut correspondre à une vitesse du véhicule 1 qui est comprise entre 40 km/h et 60 km/h.

[0073] La figure 8 illustre un procédé de calibrage 1000 d'un système de captation de particules qui peut être le système décrit précédemment en lien avec la figure 1 et/ou contrôlé selon ce qui est décrit en rapport avec l'une ou plusieurs des figures 2 à 7.

[0074] L'étape 100 consiste à fournir un frein à disque, par exemple du type présenté en figure 1. Lors de l'étape 200, le disque est mis en rotation. Par exemple, pour un véhicule, les disques sont mis en rotation indirectement par le moteur. L'étape 300 matérialise une phase de freinage, par l'application d'un effort sur les garnitures. Le freinage diminue la vitesse du disque jusqu'à une vitesse qui peut ne pas être nulle. L'étape 400 signe la fin de l'activation du frein.

[0075] Lors de l'étape 500, le disque est accéléré, sa vitesse de rotation est suivie et les particules émises sont mesurées. La vitesse de rotation peut être détectée, directement, par un capteur dédié, qui peut être intégré à un dispositif d'assistance au freinage ou de correcteur de trajectoire. La vitesse de rotation peut alternativement être mesurée indirectement. Les particules émises peuvent être détectées par un capteur approprié, par exemple CPC.

[0076] Les données d'émissions de particules et de vitesse sont enregistrées à chaque instant. Une courbe peut ensuite être dressée, exprimant les variations des émissions de particules en fonction de la vitesse de rotation du disque.

[0077] Ces variations comprennent un pic qu'il s'agit d'identifier à l'étape 700.

[0078] La vitesse spécifique à laquelle ce pic se produit est identifiée en étape 800. Comme illustré en figures 2 et 3, la vitesse spécifique peut être choisie comme étant celle qui débute le pic, ou une vitesse légèrement inférieure, par exemple 10% inférieur au début du pic, pour anticiper l'aspiration avant l'apparition du pic.

[0079] Optionnellement, comme évoqué en rapport avec les figures 6 et 7, le couple de freinage résiduel peut être mesuré à un instant où le frein n'est pas activé.

[0080] L'étape 900 consiste à configurer l'unité de commande. Cela revient notamment à enregistrer la valeur de vitesse spécifique au pic dans une mémoire de l'unité de commande dédiée à la valeur de vitesse seuil W1.

[0081] L'étape 900 de configuration peut également consister à définir une stratégie d'aspiration, notamment en lien avec le couple résiduel mesuré. Ainsi, si le couple de freinage résiduel est supérieur à une valeur seuil de couple de freinage résiduel, l'unité de commande peut être configurée pour maintenir les moyens d'aspiration à un haut niveau d'aspiration dès lors que le signal de vitesse de rotation du disque indique que le disque tourne à une vitesse supérieure à une vitesse de rotation seuil ; et si le couple de freinage résiduel est inférieur à la valeur seuil de couple de freinage résiduel, l'unité de commande peut être configurée pour maintenir les moyens d'aspiration dans le second état, suite au basculement depuis le premier état, pour une durée comprise entre 5 et 30 secondes, préférentiellement entre 10 et 15 secondes, puis, passé cette durée, pour rebasculer les moyens d'aspiration dans le premier état.

Revendications

[Revendication 1] Système (20) de captation de particules de freinage émises par un frein (2) à disque, le système de captation (20) comprenant :

- 5 - des moyens d'aspiration (22, 24, 26) de particules, pouvant adopter un premier état, dans lequel les moyens d'aspiration (22, 24, 26) produisent un premier niveau d'aspiration (p1), et un second état, dans lequel les moyens d'aspiration produisent un second niveau d'aspiration (p2), supérieur au premier niveau d'aspiration (p1) ; et
- une unité de commande (30) régulant l'état des moyens d'aspiration (22, 24, 26),

10 le système (20) étant caractérisé en ce que l'unité de commande (30) est configurée pour basculer les moyens d'aspiration (22, 24, 26) du premier état vers le second état lorsqu'un signal de vitesse de rotation (34) du disque (4) du frein (2), reçu par l'unité de commande (30), indique que le disque (4), en phase d'accélération, a dépassé une première vitesse de rotation seuil (W1).

[Revendication 2] Système de captation (20) selon la revendication 1, dans lequel le premier niveau d'aspiration (p1) correspond à une absence d'aspiration.

15 **[Revendication 3]** Système de captation (20) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel l'unité de commande (30) est configurée pour maintenir les moyens d'aspiration (22, 24, 26) dans le second état, suite au basculement, pour une durée (Dt) comprise entre 5 et 30 secondes, préférentiellement comprise entre 10 et 15 secondes, puis, passé cette durée (Dt), pour rebasculer les moyens d'aspiration (22, 24, 26) dans le premier état.

20 **[Revendication 4]** Système de captation (20) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel l'unité de commande (30) est configurée pour basculer les moyens d'aspiration (22, 24, 26) du second état vers le premier état, si les deux conditions suivantes sont remplies :

- un signal de vitesse de rotation (34) du disque (4), reçu par l'unité de commande (30), indique que le disque (4), en phase de décélération, passe sous une seconde vitesse (W2) de rotation seuil, éventuellement égale à la première vitesse de rotation seuil (W1) ; et
- 25 - le frein (2) est inactif,

le basculement des moyens d'aspiration (22, 24, 26) du second état vers le premier état étant potentiellement effectué après une temporisation de 10 à 15 secondes pendant laquelle ces deux conditions sont maintenues vraies.

30 **[Revendication 5]** Système de captation selon l'une des revendications précédentes, dans lequel l'unité de commande (30) est configurée pour maintenir les moyens d'aspiration (22, 24, 26) dans le second état dès lors que le signal de vitesse de rotation (34) du disque (4) indique que le disque (4) tourne à une vitesse supérieure à une troisième vitesse de rotation seuil (W3), préférentiellement égale à la première et/ou à la seconde vitesse de rotation seuil (W1, W2).

35 **[Revendication 6]** Véhicule automobile ou ferroviaire (1) comprenant :

- un frein à disque (2) ;

- un système de captation de particules (20) de freinage émises par le frein à disque (2) ; et
- des moyens de détection de la vitesse du véhicule,

le système (20) de captation comprenant :

- des moyens d'aspiration (22, 24, 26) de particules, pouvant adopter un premier état, dans lequel les moyens d'aspiration (22, 24, 26) produisent un premier niveau d'aspiration (p_1), et un second état, dans lequel les moyens d'aspiration produisent un second niveau d'aspiration (p_2), supérieur au premier niveau d'aspiration (p_1) ; et
- une unité de commande (30) régulant l'état des moyens d'aspiration (22, 24, 26),

le véhicule étant caractérisé en ce que l'unité de commande (30) est configurée pour basculer les moyens d'aspiration (22, 24, 26) du premier état vers le second état lorsqu'un signal de vitesse émis par les moyens de détection de vitesse et reçu par l'unité de commande (30) indique que le véhicule (1), en phase d'accélération, a dépassé une vitesse qui est comprise entre 40 et 60 km/h.

[Revendication 7] Procédé (1000) de calibrage d'un système de captation de particules selon l'une des revendications 1 à 5 ou d'un véhicule selon la revendication 6, le procédé comprenant, dans cet ordre :

- la fourniture (100) d'un frein (2) à disque comprenant un disque (4), un étrier (8) et une paire de garnitures (10, 12) ;
- la mise en rotation (200) du disque (4) ;
- l'activation du frein (300) par l'application d'un effort sur les garnitures (10, 12) au contact du disque (4) ;
- la cessation de l'activation du frein (400) ;
- l'accélération du disque (500), pendant laquelle : les particules émises par le frein (2) sont détectées et la vitesse de rotation (W) du disque (4) est mesurée ;
- la détermination (600) des variations de l'émission des particules en fonction de la vitesse de rotation (W) du disque (4) ;
- l'identification d'un pic (700) d'émission de particules sur ces variations ;
- la détermination (800) d'une valeur spécifique (W_a) de vitesse de rotation du disque (4) correspondant au pic d'émission ; et
- la configuration (900) de l'unité de commande (30) du système de captation (20) avec ladite valeur spécifique (W_a) comme première vitesse de rotation seuil (W_1).

[Revendication 8] Procédé de calibrage selon la revendication 7, comprenant en outre :

- la mesure (850) d'un couple de freinage résiduel lorsque le frein est inactivé ; et
- la configuration (900) de l'unité de commande selon les principes suivants :

- 5 ○ si le couple de freinage résiduel (C_b) est supérieur à une valeur seuil de couple de freinage résiduel, l'unité de commande (30) est configurée pour maintenir les moyens d'aspiration dans le second état dès lors que le signal de vitesse de rotation du disque indique que le disque tourne à une vitesse supérieure à une vitesse de rotation seuil (W_1) ; et
- 10 ○ si le couple de freinage résiduel (C_a) est inférieur à la valeur seuil de couple de freinage résiduel, l'unité de commande (30) est configurée pour maintenir les moyens d'aspiration dans le second état, suite au basculement depuis le premier état, pour une durée comprise entre 5 et 30 secondes, préférentiellement entre 10 et 15 secondes, puis, passé cette durée, pour rebasculer les moyens d'aspiration dans le premier état.

[Revendication 9] Procédé de contrôle d'un système (20) de captation de particules de freinage d'un frein à disque, le système de captation comprenant des moyens d'aspiration de particules, le procédé comprenant :

- 15 - la détection de la vitesse de rotation (W) du disque (4) ; et
- lorsque la vitesse de rotation du disque dépasse une première vitesse de rotation seuil (W_1), le basculement de l'état des moyens d'aspiration, depuis un premier état, dans lequel les moyens d'aspiration produisent un premier niveau d'aspiration (p_1), vers un second état, dans lequel les moyens d'aspiration produisent un second niveau d'aspiration (p_2), supérieur
- 20 au premier niveau d'aspiration (p_1).

[Revendication 10] Procédé selon la revendication 9, dans lequel le système de captation de particules (20) est conforme à l'une des revendications 1 à 5 et/ou est calibré par un procédé de calibrage selon la revendication 7 ou 8.