Description

Titre : ENSEMBLE POUR VEHICULE ET PROCEDES CORRESPONDANTS

Domaine technique

[0001] La présente divulgation relève du domaine des dispositifs de freinage de véhicules (automobiles ou ferroviaires). 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] 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. Aussi, les systèmes existants utilisent une source de dépression par frein, ce qui rend ces conceptions complexes, coûteuses et lourdes.

Résumé

[0006] La présente divulgation vient améliorer la situation en proposant un système de freinage qui est plus simple et tout aussi efficace pour aspirer les particules.

[0007] Il est ainsi proposé un ensemble pour véhicule comportant : N freins à disque, où N est un nombre entier supérieur ou égal à deux, chacun des N freins à disque étant muni d'un élément de collecte de particules ; et un système de captation de particules de freinage comprenant : une unique source de dépression ; un circuit pneumatique s'étendant de la source de dépression aux éléments de collecte de chacun des N freins ; et une unité de contrôle configurée pour relier fluidiquement la source de dépression à chacun des N freins successivement selon un cycle prédéfini, de telle manière qu'à tout instant t donné, seuls n(t) freins sont fluidiquement reliés à la source de dépression, où quel que soit t, n(t) est un entier compris entre 0 et N-1.

[0008] Les inventeurs ont mis en évidence que de façon surprenante, le fait d'aspirer les particules d'un frein de façon cyclique (et non en permanence ou à l'activation du frein) permet de capter un niveau significatif et suffisant de particules. Sans vouloir être lié par la théorie, ces bons résultats semblent provenir de deux facteurs. Le premier facteur semble être le fait que l'élément de collecte (par exemple une rainure en bord de fuite de la plaquette, une rainure périphérique, un orifice central d'aspiration, un

capotage de l'étrier, une buse d'aspiration, un réseau de rainures dans la plaquette, etc.) peut servir de réservoir de particules pendant les phases de freinage, même en absence d'aspiration. Le second facteur est le fait que lors de l'aspiration, des particules emmagasinées dans les aspérités du disque sont aspirées, qu'il s'agisse d'une aspiration durant l'activation du frein ou en absence de freinage. En activant l'aspiration de manière cyclique sur un frein, c'est-à-dire décorrélée de l'activation du frein, il devient possible d'utiliser une seule source d'aspiration pour aspirer les particules de plusieurs freins sans que cette source d'aspiration ne nécessite d'être plus puissante : en effet, sans cette aspiration cyclique, utiliser une seule source d'aspiration pour plusieurs freins nécessiterait que cette source soit autant de fois plus puissante qu'il n'y a de freins. Une source de dépression trop puissante implique des inconvénients en termes de poids, de coûts, de bruit et d'encombrement.

[0009] Chacun des freins est successivement relié fluidiquement à la source de dépression selon un séquencement donné (figé ou évolutif). Le cycle peut prévoir qu'il y ait plus d'un frein relié fluidiquement à la source à un instant donné (n>1 à tout instant par exemple). Par exemple, les deux freins avant d'un véhicule peuvent aspirer simultanément, puis les deux freins arrière. Dans une variante où N=4 et où n oscille entre 1 et 2, un frein avant aspire, puis les deux freins arrière, puis l'autre frein avant.

[0010] La « source de dépression » est reliée fluidiquement « à un frein » est à comprendre comme un abus de langage signifiant qu'un flux de dépression peut être créé entre les éléments de collectes de ce frein (rainure dans une garniture, buse d'aspiration, etc.) et la source de dépression.

[0011] Si le présent document se focalise sur l'aspiration successive de plusieurs freins, la même démarche peut également être envisagée à l'échelle d'un frein donné, c'est-à-dire une aspiration alternative sur une garniture puis une autre (ou une buse puis une autre), ou à l'échelle d'une garniture, c'est-à-dire une aspiration successive sur un élément d'aspiration (rainure) puis un autre élément d'aspiration de la même garniture. Ces différentes échelles peuvent être superposées : par exemple, dans un cycle donné, la dépression peut être dirigée vers un frein donné durant une période donnée qui peut être subdivisée en sous-étapes où l'aspiration alterne entre les différentes garnitures, chaque sous-étape elle-même divisée en sous-étapes pour l'aspiration dans chacune des rainures d'une même garniture.

[0012] 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 (CAN, ECU, EMS, ...) ou de la machine industrielle.

[0013] Dans le présent document, il a été choisi d'utiliser le terme « connexion » ou le fait pour deux éléments d'être « connectés » pour décrire un lien physique entre deux éléments (la plupart du temps par une conduite pneumatique). Une « liaison fluidique » ou le fait pour deux éléments d'être « fluidiquement reliés » signifie qu'un flux d'air d'aspiration est rendu possible entre ces éléments (la plupart du temps par l'ouverture d'une vanne sur la connexion physique entre les deux éléments).

[0014] Selon un autre aspect, le circuit pneumatique comprend N branches respectivement connectées à chacun des N freins, chacune des branches accueillant un filtre. Les filtres de petite capacité habituellement montés dans ces systèmes peuvent être utilisés. Cette conception tire donc partie d'éléments déjà en place sur un frein donné et permet donc un retrofit de la nouvelle solution sur des systèmes existants.

[0015] Dans une variante, le circuit pneumatique comprend N branches respectivement connectées à chacun des N freins, et 1 branche connectée à la source de dépression et accueillant un unique filtre. Cet agencement nécessite un filtre de plus grande capacité mais facilite les opérations de maintenance puisqu'un seul filtre est à remplacer le cas échéant. Aussi, la vitesse de passage de l'air dans le média filtrant peut être moins importante, ce qui divise d'autant les pertes de charge dans le filtre. En comparaison de l'utilisation de N filtres, l'utilisation d'un seul filtre, plus grand permet également de stocker plus de poussière avant d'atteindre le colmatage, d'utiliser un média avec une efficacité de filtration supérieure et d'utiliser (au total) une plus petite surface de média filtrant.

[0016] En comparaison d'une situation avec une turbine et un filtre par frein, l'agencement d'une seule turbine et d'un seul filtre permet de réduire la puissance aéraulique nécessaire pour la turbine : en effet, si les pertes de charges sont de 50 mbar au niveau des garnitures, de 10 mbar dans les conduits reliant les garnitures au filtre et de 30 mbar dans un filtre, les pertes totales de charge sont de 90 mbar par frein. Si le débit est divisé par N, les pertes de charge dans le filtre sont divisées par N^2. Ainsi, lorsque N=4, les pertes de charge dans le filtre (unique remplaçant 4 filtres) sont ramenées de 30 mbar à $30/4^2$=1.9 mbar. Les pertes pour un frein tombent à moins de 62 mbar, soit 1.45 fois moins que les 90 mbar initiaux. Pour la totalité des 4 freins, cela revient à une puissance aéraulique nécessaire 5.8 fois moindre (1.45x4).

[0017] Selon un autre aspect, les N branches connectent respectivement chacun des N freins à une unique vanne, elle-même connectée à la source de dépression, la vanne étant apte, sous l'action de l'unité de contrôle, à relier fluidiquement la source de dépression à chacun des N freins selon le cycle prédéfini. Cette vanne peut comprendre une seule entrée connectée à la source de dépression et au moins N sorties, dont au moins une peut être connectée à l'entrée. Le mot « vanne » est ici à entendre au sens large, la vanne pouvant être formée de plusieurs vannes élémentaires réalisant ensemble la fonction décrite ci-dessus. La vanne peut être une électrovanne à tiroir. Il est ainsi possible de contrôler l'aspiration dans les éléments de collecte de chacun des freins au moyen d'un seul composant physique.

[0018] Selon un autre aspect, chacune des N branches accueille une vanne qui est permutable, sous l'action de l'unité de contrôle, entre une position ouverte, dans laquelle le frein respectif est fluidiquement relié à la source de dépression, et une position fermée, dans laquelle le frein respectif n'est pas fluidiquement relié à la source de dépression. Dans cet agencement, les N vannes sont plus simples.

[0019] Il est entendu que des conceptions hybrides, c'est-à-dire situées entre la solution à une vanne unique, et la solution à N vannes, peuvent être envisagées. Ainsi, plusieurs bifurcations pneumatiques en séries peuvent amener une dépression à chacun des freins par un agencement de vannes contrôlées de manière appropriées. Par exemple, deux ou plus de freins peuvent être connectés à une vanne commune (par exemple une électrovanne à tiroir), ce qui permet de réduire le nombre d'actionneurs et de conduites pneumatiques.

[0020] Selon un autre aspect, N est compris entre 4 et 10. En effet, selon l'hypothèse que chacun des freins est relié fluidiquement à la source de dépression sur une durée 1/N de la durée d'un cycle, l'efficacité de l'aspiration diminue (comme montré plus loin) lorsque le temps d'aspiration est inférieur à $1/10^{ème}$ du temps d'un cycle. Il est donc avantageux d'utiliser une unique source de dépression pour au plus 10 freins.

[0021] Selon un autre aspect, dans lequel l'unité de contrôle est configurée pour relier fluidiquement la source de dépression à chacun des N freins alternativement, n(t) étant égal à 1 à tout instant.

[0022] Selon un autre aspect, dans lequel n vaut 1 ou 2 à chaque instant, n(t) prend alternativement les valeurs 1 ou 2 au cours du cycle, l'unité de contrôle étant configurée pour qu'à un instant donné, la source de dépression soit fluidiquement reliée à une paire de freins d'un même essieu ou à un seul frein.

[0023] Selon un autre aspect, chaque frein comprend une paire de garnitures et l'élément de collecte de particules comprend une rainure agencée dans chacune des garnitures. La rainure peut être disposée au voisinage du bord de fuite de la garniture. La rainure peut alternativement être une rainure périphérique entourant toute la garniture. La rainure peut être oblique et/ou être pourvue d'un orifice d'aspiration, afin que le flux d'air d'aspiration soit au moins partiellement en sens contraire au déplacement du disque.

[0024] Selon un autre aspect, chaque frein comprend une paire de garnitures et l'élément de collecte de particules comprend une rainure agencée dans une buse disposée à distance des garnitures.

[0025] Selon un autre aspect, chaque frein comprend un disque présentant deux surfaces annulaires de friction, lieux respectifs de la friction des garnitures sur le disque, chacune des surfaces annulaires de friction étant délimitées par un cercle interne et un cercle externe ; l'élément de collecte comprenant deux rainures d'aspiration fluidiquement reliées à la source de dépression et disposées à distance des garnitures de friction, chacune des rainures étant disposée en regard d'une surface annulaire de friction respective, chaque rainure s'étendant du cercle interne au cercle externe.

[0026] Par « chaque rainure s'étendant du cercle interne au cercle externe » il convient de comprendre que la rainure surplombe, lorsque le disque tourne, l'intégralité d'une des surfaces de friction. La rainure peut être légèrement plus grande ou légèrement plus petite (par exemple +/- 10%) que la distance entre le cercle interne et le cercle externe.

[0027] Selon un autre aspect, chaque rainure est sensiblement rectiligne et a une largeur mesurée dans une direction circonférentielle qui est comprise entre 1 et 6 mm, et qui vaut préférentiellement 2 ou 4 mm.

[0028] Chaque rainure peut être configurée pour créer un flux d'aspiration qui est perpendiculaire aux surfaces annulaires de friction. Dans une variante, le flux est parallèle à la direction radiale.

[0029] Selon un autre aspect, chaque rainure est agencée dans une buse respective. Il y a ainsi deux buses en vis-à-vis de part et d'autre du disque.

[0030] Selon un autre aspect, chaque buse dispose d'au moins un orifice de fuite en liaison fluidique avec la rainure. Un tel orifice permet d'initier un flux d'air de sens contraire au sens de déplacement du disque. Dans une variante, la buse comprend deux orifices sur deux faces opposées (amont et aval) de la buse. Dans une autre variante, deux orifices de fuite peuvent être prévus sur une face arrière de la buse, l'aspiration pouvant alors être faite par un orifice d'aspiration centré par rapport aux deux orifices de fuite, afin de minimiser le chemin parcouru par l'air dans les rainures et favoriser l'efficacité de l'aspiration.

[0031] Selon un autre aspect, chaque buse est disposée à une distance axiale de moins de trois millimètres, préférentiellement de moins de 0.1 mm, de la surface annulaire de friction respective.

[0032] Selon un autre aspect, chaque buse comprend un bord aval muni d'un joint ou d'une brosse au contact de la surface annulaire de friction respective. Ainsi, un bord amont de la buse, c'est-à-dire le premier bord que « voit » un point du disque lors de sa rotation, peut être à distance du disque alors que le bord aval, muni du joint, est au contact du disque. Ce joint permet de racler les éventuelles particules pour améliorer encore leur aspiration.

[0033] Selon un autre aspect, chaque buse comprend un bord amont et un bord aval, le bord aval étant plus éloigné de la surface annulaire de friction respective que le bord amont. Ceci permet d'aspirer de l'air en aval de la buse et d'initier un flux de sens contraire au déplacement du disque.

[0034] Selon un autre aspect, la rainure de chaque buse présente une direction longitudinale qui est disposée en alignement d'un rayon du disque, ledit rayon étant préférentiellement décalé angulairement d'un rayon médian des garnitures, d'un angle compris entre 20° et 60°. Cet angle matérialise le dégagement entre les plaquettes et les buses. Un angle trop petit pose des contraintes dans la conception des buses de par la proximité de l'étrier. Un angle trop grand complexifie la fixation des buses qui ne peuvent plus être raccrochées à l'étrier.

[0035] Selon un autre aspect, chaque frein comprend un étrier fixe ou un étrier flottant coulissant par rapport à une chape, les buses étant fixées à l'étrier fixe ou à la chape. Ceci permet notamment d'éviter un système de fixation complexe des buses au véhicule.

[0036] Selon un autre aspect, le système de captation des particules comprend deux conduites rigides reliées chacune à une buse respective et au moyen desquelles les buses sont maintenues en position en regard du disque.

[0037] Selon un autre aspect, une patte de fixation relie les conduites rigides à l'étrier ou à la chape, la patte de fixation comprenant deux orifices traversés par les conduites rigides.

[0038] Selon un autre aspect, les deux rainures sont disposées dans une unique buse. Cette buse unique peut reprendre les mêmes caractéristiques exposées ci-dessus pour la paire de buses, notamment en ce qui concerne le ou les orifices de fuite, le bord amont et/ou le bord aval, le joint, la distance au disque, l'angle d'éloignement par rapport aux garnitures, ou la fixation à l'aide d'une patte à l'étrier.

[0039] Selon un autre aspect, une rainure auxiliaire qui chevauche le flanc du disque relie ensemble les deux rainures d'aspiration. Cette rainure auxiliaire peut être plus étroite que les deux rainures d'aspiration.

[0040] Selon un autre aspect, chaque frein comprend un disque recouvert d'un revêtement céramique. Le revêtement peut être un carbure de tungstène ou de chrome. Puisque ces types de disques s'usent moins (environ 0.2 à 0.3mm d'épaisseur de perdu entre l'état neuf et l'état usé, contre 1 mm pour un disque en fonte), le positionnement des buses est plus aisé et l'efficacité de l'aspiration est maintenue tout au long de la vie du disque.

[0041] Il est entendu que dans les exemples précédent, les propriétés discutées pour « chaque frein » peuvent ne s'appliquer qu'à un ou certains des freins.

[0042] L'invention porte également sur un procédé de mise en œuvre de l'ensemble tel que décrit précédemment, le procédé comprenant une succession de cycles comprenant chacun une succession d'étapes d'aspiration, chacune durant laquelle exactement un nombre n(t) de N freins est fluidiquement relié à la source de dépression, où quel que soit t, n(t) est un entier compris entre 0 et N-1.

[0043] Selon un autre aspect, dans un cycle donné, chacun des N freins est relié exactement une fois à la source de dépression. Dans une variante, certains des N freins (par exemple les plus puissants, souvent à l'avant des véhicules) peuvent subir une aspiration plusieurs fois par cycle.

[0044] Selon un autre aspect, chacune des étapes d'aspiration s'étend sur une même durée. Dans une variante, certains des N freins (par exemple les plus puissants, souvent à l'avant des véhicules) peuvent subir une aspiration pendant une durée plus importante que les freins moins puissants, moins producteurs de particules.

[0045] Selon un autre aspect, sur un cycle, la durée T(t) de chaque étape d'aspiration est proportionnelle au nombre n(t) de freins reliés à la source de dépression durant ladite étape.

[0046] Selon un autre aspect, les cycles de liaison fluidique des N freins à la source de dépression se déroulent indépendamment de l'activation du frein.

[0047] Selon un autre aspect, chaque cycle comprend une étape d'attente durant laquelle aucun des N freins n'est fluidiquement relié à la source de dépression, et/ou durant laquelle la source de dépression est inactive. Durant tout instant t de cette étape, n(t) est donc nul. Cette stratégie de commande permet d'optimiser la consommation électrique pour ne pas inutilement créer d'aspiration. Dans une variante, plusieurs étapes d'attente peuvent être prévues, par exemple équitablement distribuées durant chaque cycle.

[0048] L'invention porte également sur un procédé de mise en œuvre de l'ensemble tel que décrit précédemment, le procédé comprenant la permutation de la source de dépression d'un état inactif à un état actif alors que celle-ci n'est reliée fluidiquement à aucun des N freins, puis la mise en liaison fluidique de la source de dépression à un des N freins. Il est ainsi possible de nettoyer les conduites des particules qui pourraient y être déposées en créant un coup de bélier ou une onde de dépression qui va se propager à la mise à dépression du ou des freins. Avant de relier fluidiquement le ou les freins à la source de dépression, il peut être avantageux de laisser s'écouler quelques secondes pour permettre à la source de dépression d'atteindre une dépression nominale (par exemple maximale).

[0049] Outre les bénéfices de simplicité d'assemblage, de maintenance ou de contrôle, l'utilisation d'une seule source de dépression alternativement reliée à chacun des freins offre de nouvelles possibilités : en effet, en comparaison d'un système avec une turbine qui aspire les particules de deux freins (simultanément), et où chacun des freins ne profite que d'une moitié de l'aspiration nominale de la turbine, la solution présentée ici permet à chaque frein d'avoir accès à la puissance complète d'une turbine. Il est donc possible de monter des plaquettes avec des éléments de collecte plus imposants (rainure plus large, perçage plus gros). Il est aussi possible d'utiliser des tuyaux de plus petit diamètre, donc plus faciles à intégrer sur un véhicule (car plus flexibles et moins volumineux).

Brève description des dessins

[0050] 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 :

[0051] [Fig. 1] montre un véhicule, un frein à disque et un ensemble avec un système de captation de particules.

[0052] [Fig. 2] montre un ensemble avec un système de captation de particules.

[0053] [Fig. 3] illustre trois exemples de plaquette de frein.

[0054] [Fig. 4A] montre un chronogramme d'un premier procédé.

[0055] [Fig. 4B] représente un organigramme du procédé de la figure 4A.

[0056] [Fig. 5A] illustre un chronogramme d'un second procédé.

[0057] [Fig. 5B] montre un organigramme du procédé de la figure 4A.

[0058] [Fig. 6] représente un organigramme d'un troisième procédé.

[0059] [Fig. 7] illustre une vue isométrique d'un frein à disque.

[0060] [Fig. 8] représente une vue isométrique d'une buse d'aspiration.

[0061] [Fig. 9] montre une vue en coupe des buses d'aspiration montées autour du disque.

[0062] [Fig. 10] illustre schématiquement une vue de face du positionnement des buses.

[0063] [Fig. 11] représente une variante de conception pour une buse.

[0064] [Fig. 12] montre une variante de conception pour une buse.

[0065] [Fig. 13] illustre un exemple de buse unique accueillant deux rainures.

Description des modes de réalisation

[0066] 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.

[0067] Les figures et leurs descriptifs se focalisent sur la situation où l'aspiration alterne d'un frein à un autre (n=1 ou éventuellement n=0 pendant les phases d'attente). Le lecteur saura extrapoler les situations où n prend d'autres valeurs durant un cycle.

[0068] La figure 1 illustre un véhicule 1, routier (voiture, camionnette, camion, etc.) ou ferroviaire (train, tram, métro, etc.), comprenant au moins deux dispositifs de freinage 2 du type frein à disque. Le véhicule 1 comprend au moins un ensemble 100 de freinage. Le premier frein 2 est annoté (1), le second est annoté (2). La figure 1 représente de façon synthétique le fait qu'il puisse y avoir un nombre N de freins, le Nième étant noté (N) sur la figure 1. N peut être compris entre 2 et 40, préférentiellement entre 2 et 10, plus préférentiellement N vaut 4, 6, 8 ou 10.

[0069] Chaque 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 renferme deux plaquettes de frein formées d'une semelle et d'une garniture 10, 12. Par exemple, les plaquettes peuvent être celles représentées en figure 3 et inspirées de la figure 1 du document FR 3 087 238 A1, de la figure 3A du document GB 2 533 476 A ou des figures 3 ou 4 du document KR 2020 0016 690 A. 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, 12 sur les faces respectives du disque 4.

[0070] Lors d'une opération de freinage, le frottement des garnitures 10, 12 sur le disque 4 est générateur de particules (poussières, PM10, PM2.5, 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 manière récurrente.

[0071] Un système de captation des particules 20 est ainsi prévu pour récupérer les particules produites par les freins 2.

[0072] Le système de captation 20 comprend une unique source de dépression 22, ici représentée comme une turbine.

[0073] La source de dépression 22 est connectée par un circuit pneumatique à chaque frein. Le circuit pneumatique peut comprendre N branches 24 sur lesquelles sont agencées un filtre 26 respectif.

[0074] 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 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 (CAN, ECU, EMS, ...).

[0075] Le circuit pneumatique peut comprendre, outre les branches 24 et les filtres 26, des branches 32, 34 qui connectent les branches 24 à la source de dépression 22. Sur les branches 24 peuvent être prévues des vannes 36 dont l'état (ouvert ou fermé) peut être commandé par l'unité de contrôle 30 via une connexion 38. Les vannes 36 sont commandées selon l'un des procédés décrits plus bas, afin de réaliser les cycles d'aspiration où un certain nombre n(t) de branches 24 (n compris entre 0 et N-1) est relié fluidiquement à la source de dépression 22 à un instant donné. Si la figure 1 montre plusieurs nœuds entre les branches 24 et la branche 34, dans une variante, toutes les branches 24 se rejoignent en un seul nœud qui rencontre la branche 34, unique, conduisant à la source de dépression 22. Une variante hybride avec des groupes de branches 24 se rejoignant en une vanne 36 est également envisageable.

[0076] Les branches 24 sont reliées aux éléments de collecte (44, 54, 64 sur la figure 3), c'est-à-dire des éléments de garniture 10, 12 au voisinage de l'interface entre les garnitures 10, 12 et le disque 4.

[0077] Les vannes 36 sont représentées schématiquement. Elles peuvent être des électrovannes, par exemple des électrovannes à tiroir. Dans cet exemple, elles peuvent être des vannes 2/2 (2 positions, 2 orifices).

[0078] L'unité de commande 30 contrôle la quantité de courant qui est apportée au moteur de la turbine 22 et contrôle ainsi sa vitesse. Lorsqu'aucun courant électrique n'est fourni au moteur entraînant la turbine 22, la turbine 22 est immobile et aucune dépression n'est créée dans le conduit 34. Aucune aspiration de particules n'est possible. Dans ce cas, la source de dépression est dite être dans un état inactif. Lorsqu'un courant électrique est fourni au moteur entraînant la turbine 22, celle-ci se met en mouvement et une aspiration est possible. Dans ce cas, la source de dépression est dite être dans un état actif, quelle que soit sa vitesse (non nulle) et/ou l'amplitude de courant électrique (non nulle) apporté au moteur.

[0079] La structure du circuit pneumatique présentée sur la figure 1 est adaptable à des systèmes déjà existants, pour lesquelles chaque frein dispose déjà d'un filtre.

[0080] La figure 2 montre une variante pour le circuit pneumatique. Dans cet exemple, un seul filtre 26 est prévu sur la conduite 34 et une seule vanne 36 choisit le ou les freins 2 qui sont fluidiquement reliés à la turbine 22. Chacune des N conduites 24 est directement connectée à la vanne 36, elle-même commandée par l'unité de contrôle 30 via la connexion 38. Cette conception présente des avantages en termes de nombre de composants et de simplification de commande.

[0081] Les figures 1 et 2 montrent deux exemples de structures du circuit pneumatique. D'autres variantes qui ne nécessitent pas d'explications particulières sont aussi envisageables, par exemple avec un unique filtre 26 sur la branche 34 (comme sur la figure 2) et N vannes sur les branches 24 (comme sur la figure 1), ou inversement avec N filtres (comme sur la figure 1) et une unique vanne 36 (comme sur la figure 2). Enfin, l'homme du métier comprendra que d'autres structures sont possibles, avec toute combinaison de filtres et de vannes, chacun d'un nombre compris entre 1 et N.

[0082] La figure 3 montre trois exemples de plaquette de frein 40, 50, 60 qui peuvent être utilisées avec le système de captation de particules. D'autres variantes sont également envisageables.

[0083] La plaquette 40 comprend une semelle 42 sur laquelle est fixée la garniture 10. Dans la garniture 10, une rainure 44 de collecte de particules est formée. Cette rainure est reliée à des moyens d'aspiration.

[0084] La plaquette 50 comprend une rainure périphérique 54 qui épouse le profil de la garniture 10. Une entrée d'air est prévue au centre de la garniture 10 et une sortie d'air est disposée dans la rainure 54.

[0085] La plaquette 60 est formée d'une garniture 10 et d'une jupe 62 qui est destinée à être disposée autour de la garniture 10 pour former une zone d'aspiration 64 entre la garniture 10 et la jupe 62.

[0086] Ainsi, divers éléments de collecte 44, 54, 64 peuvent être prévus sur une plaquette pour l'aspiration des particules.

[0087] La figure 4A montre un chronogramme qui illustre l'aspiration alternative sur chacun des freins ($n(t)=1$ pour tout t). Sur cette figure, 4 lignes de temps sont représentées pour chacun des quatre freins, c'est-à-dire lorsque N vaut 4. Le lecteur saura aisément extrapoler le fonctionnement lorsque N prend d'autres valeurs.

[0088] L'axe horizontal est l'axe des temps. Chaque axe correspond à un des freins. Les créneaux représentent la liaison fluidique du frein donné à la source de dépression.

[0089] A l'instant t0, le premier frein (1) est relié à la source de dépression, jusqu'à l'instant t1. A l'instant t1, la liaison fluidique du premier frein (1) avec la source de dépression est interrompue et simultanément le second frein (2) est relié à la source de dépression. A l'instant t2, la liaison fluidique du second frein (2) avec la source de dépression est interrompue et simultanément le troisième frein (3) est relié à la source de dépression. A l'instant t3, la liaison fluidique du troisième frein (3) avec la source de dépression est interrompue et simultanément le quatrième frein (4) est relié à la source de dépression. A l'instant t4, la liaison fluidique du quatrième frein (4) avec la source de dépression est interrompue et simultanément le premier frein (1) est relié à la source de dépression. Toutes ces étapes décrivent un cycle C qui est répété sans cesse.

[0090] Les durées entre t0 et t1, entre t1 et t2, entre t2 et t3, et entre t3 et t4 peuvent toutes être égales à une durée notée T. Ainsi, dans cet exemple, toutes les phases de liaison fluidique de chacun des freins ont une même durée T.

[0091] La durée T d'aspiration pour chaque frein peut être comprise entre 5 secondes et 2 minutes, préférentiellement entre 10 secondes et 1 minute.

[0092] D'autres configurations sont naturellement possibles. Par exemple, la durée d'aspiration de deux des quatre freins (les plus imposants) peut être plus longue, par exemple de 20% ou 30% à la durée d'aspiration des deux autres freins.

[0093] Les freins les plus puissants peuvent par exemple être deux freins conjoints dans le cycle (par exemple (1) et (2)). Ainsi, le cycle comprend deux phases longues suivies de deux phases courtes. Alternativement, les freins les plus puissants peuvent être espacés dans le cycle (par exemple les freins (1) et (3)). Le cycle comprend alors une alternance entre phases longues et phases courtes. Dans une variante, plusieurs phases d'aspiration pour un même frein peuvent être reproduites lors d'un même cycle.

[0094] Aussi, dans une variante où n(t) varie, les étapes pendant lesquelles on aspire sur plus de freins peuvent durer plus longtemps que les étapes où un plus petit nombre de freins sont reliés à la source de dépression. Ainsi, la durée d'une étape devient une variable T(t) qui peut être proportionnelle à n(t).

[0095] La figure 4B montre un organigramme illustrant un procédé 1000 en rapport avec la figure 4A, généralisé à N freins. Le procédé 1000 comprend une étape 1100.1 de liaison fluidique du premier frein à la source de dépression, suivie d'une étape 1100.2 de liaison fluidique du second frein à la source de dépression, suivie d'autant d'étapes similaires pour les autres freins jusqu'à l'étape 1100.N. A chaque instant, un seul frein est relié fluidiquement à la source de dépression. Après l'étape 1100.N, le cycle recommence à l'étape 1100.1.

[0096] La figure 5A montre un procédé dans lequel le début de l'aspiration d'un frein n'est pas toujours simultané à l'arrêt de l'aspiration d'un autre frein. Dans l'exemple illustré, une étape d'attente 2200 commence à l'instant t4 (à l'arrêt de l'aspiration du quatrième frein). Le premier frein ne recommence à aspirer qu'à l'instant t5. Lors de cette étape d'attente, aucun frein n'est fluidiquement relié à la source de dépression et/ou la source de dépression est inactive. Il est entendu que plusieurs étapes d'attente,

réparties au cours du cycle, peuvent être prévues. Par exemple, chaque arrêt d'aspiration d'un frein peut être suivie d'une étape d'attente, avant de commencer l'aspiration d'un autre frein. Ainsi, le cycle est composé d'étapes d'aspiration où n(t)=1 et d'étapes d'attente où n(t)=0.

[0097] Si on note T la durée de chaque phase de liaison fluidique, ou la durée moyenne de ces phases lorsque celles-ci ne sont pas de durées identiques, l'étape d'attente a une durée T' qui peut être supérieure ou inférieure à T. Par exemple T' peut valoir le double ou le triple de T. Dans une variante, T'=N*T.

[0098] Il est entendu que de la même manière que ce qui est décrit en lien avec la figure 4A, certains freins peuvent aspirer plus longtemps que d'autres, ou plusieurs fois durant un cycle.

[0099] La figure 5B montre un organigramme illustrant un procédé 2000 en rapport avec la figure 5A, généralisé à N freins. Le procédé 2000 comprend une étape 2100.1 de liaison fluidique du premier frein à la source de dépression, suivie d'une étape 2100.2 de liaison fluidique du second frein à la source de dépression, suivie d'autant d'étapes similaires pour les autres freins jusqu'à l'étape 2100.N. A chaque instant, un seul frein est relié fluidiquement à la source de dépression (car n(t)=1 lors de ces étapes). Après l'étape 2100.N, le cycle se poursuit par une étape d'attente 2200 (n(t)=0 durant cette étape). Après l'étape d'attente 2200, le cycle recommence à l'étape 2100.1. Comme évoqué ci-avant, une étape d'attente peut aussi être prévue entre une étape 2100.x et une étape 2100.x+1 (x entier de 1 à N).

[0100] Que ce soit dans le procédé 1000 ou 2000 (figures 4 ou 5), la durée pendant laquelle un frein donné n'est pas en phase d'aspiration peut être comprise entre 30 secondes et 30 minutes, préférentiellement entre 4 et 10 minutes. Avantageusement, le ratio, pour chacun des freins, entre la durée d'aspiration et la durée de non-aspiration peut être compris entre 1/3 et 1/10.

[0101] La figure 6 illustre un procédé 3000 d'utilisation de l'ensemble décrit en figures 1 ou 2. Le procédé 3000 consiste à bloquer toutes liaisons fluidiques avec les freins, à créer une dépression, puis à ouvrir une ou plusieurs liaisons avec les freins. Ainsi, l'étape 3100 consiste à fermer la ou les vannes du circuit pneumatique. L'étape 3200 consiste à mettre ou maintenir en action la source de dépression, par exemple jusqu'à une dépression souhaitée. L'étape 3300 consiste à ouvrir une ou plusieurs des vannes du circuit pneumatique, créant ainsi un coup de bélier ou une onde d'aspiration qui se propage dans le circuit pneumatique pour décoller les particules adhérant aux parois internes des conduites pneumatiques et de la rainure de collecte. Le procédé 3000 peut être répété pour chacun des freins, l'un après l'autre, ou pour toute combinaison de freins, jusqu'à ce que toutes les conduites soient nettoyées.

[0102] Dans les exemples présentés aux figures précédentes, il est implicite que les vannes sont contrôlées par l'unité de contrôle pour être ouvertes ou fermées, ou pour opérer une liaison fluidique donnée entre la source de dépression et un frein donné.

[0103] Les raisons qui permettent une captation de particules efficaces malgré une aspiration intermittente sont expliquées ci-après.

[0104] Le tableau suivant montre les quantités de particules PM10 détectées (produites par le frein et non captées) lors d'un cycle normalisé WLTP, selon différentes configurations d'aspiration (en mg par km et par frein du véhicule) :

Plaquette standard sans rainure ou orifice d'aspiration	Plaquette avec une rainure de collecte		
Pas d'aspiration	Aspiration en continue	Aspiration lors des phases de freinage uniquement	Pas d'aspiration
8.0	1.8	2.7	3.8

Tableau 1

[0105] On observe que le simple fait pour une garniture de présenter une rainure de collecte divise par deux la quantité de particules s'échappant dans l'environnement. Ceci confirme le fait qu'il n'est pas indispensable d'aspirer les particules précisément lors d'un freinage pour obtenir un impact sur les particules captées. Bien entendu, si aucune aspiration n'est jamais effectuée, la rainure se remplit et son aptitude à servir de réservoir disparaît.

[0106] Les essais ci-dessus ont été mené avec une rainure disposée dans une partie aval de la garniture de frein, c'est-à-dire la partie de la garniture vue en dernier par un point donné du disque dans sa trajectoire. C'est l'arrangement généralement optimal permettant de récolter les particules qui ont été arrachées de la garniture.

[0107] D'autres essais, menés en disposant une rainure en partie amont de la garniture (ou effectués avec le même système mais avec un sens de rotation opposé du disque) ont montré que l'aspiration en continue ou uniquement lors des phases de freinage permettait de capter environ 40% des particules produites. Cela signifie qu'il est possible de capter des particules qui ne viennent pas d'être arrachées de la garniture. Selon toute probabilité, ces particules sont donc celles qui se déposent dans les aspérités du disque.

[0108] Le tableau suivant montre les quantités de particules PM10 détectées (produites par le frein et non captées) lors d'un cycle normalisé WLTP, selon différentes configurations d'aspiration (en mg par km et par frein du véhicule) :

Pas d'aspiration (plaquette standard)	Aspiration en continue	Aspiration lors des phases de freinage uniquement	Aspiration cyclique (T1=1min ; T2=6min)
8.0	1.8	2.7	2.6

Tableau 2

[0109] Il apparaît qu'une aspiration cyclique est autant efficace qu'une aspiration qui est limitée aux séquences de freinage. La captation est d'environ 67% des particules PM10 produites. L'aspiration cyclique permet d'utiliser une turbine pour plusieurs freins.

[0110] Le tableau suivant montre les quantités de particules PM10 détectées (produites par le frein et non captées) lors d'un cycle normalisé WLTP, pour différentes configurations d'aspiration (en mg par km et par frein du véhicule) :

Aspiration en continue	Aspiration cyclique (T1=1min ; T2=3min)	Aspiration cyclique (T1=1min ; T2=6min)	Aspiration cyclique (T1=1min ; T2=13min)	Aspiration cyclique (T1=1min ; T2=27min)
1.8	2.2	2.6	3.6	3.7

Tableau 3

[0111] Les essais avec différentes valeurs de T1 et T2 montrent que lorsque le ratio T1/T2 est inférieur à 10%, la quantité de particules détectées (produites et non captées) est voisine de 3.7 mg/km/frein, ce qui est la quantité détectée en absence d'aspiration. Ainsi, selon le seuil d'efficacité choisi (par exemple un seuil de 67%), utiliser une seule turbine d'aspiration pour plus de 10 freins n'est pas souhaitable car le temps d'aspiration par frein devient insuffisant par rapport au temps de non-aspiration. Pour des seuils d'efficacité choisi (ou imposés règlementairement) inférieurs, il est possible de ne prévoir qu'une turbine pour plus de 10 freins.

[0112] L'invention a été illustrée au moyen d'un frein à disque mais elle est également applicable à d'autres types de frein à friction, comprenant un rotor et (au moins) une garniture de friction. Ainsi, l'invention peut également porter sur un ensemble pour véhicule comportant : N freins à rotor (disque, tambour ou autre), où N est un nombre entier supérieur ou égal à deux, chacun des N freins étant muni d'au moins une garniture de friction destinée à frotter contre le rotor lors d'une phase de freinage, chaque garniture disposant d'un élément de collecte de particules ; et un système de captation de particules de freinage comprenant : une unique source de dépression ; un circuit pneumatique s'étendant de la source de dépression aux éléments de collecte des garnitures de chacun des N freins ; et une unité de contrôle configurée pour relier fluidiquement la source de dépression à chacun des N freins alternativement.

[0113] Les figures 7 à 13 présentent des moyens de collecte des particules qui peuvent être une alternative aux rainures 44, 54, 64, ou y être complémentaire.

[0114] La figure 7 montre une vue isométrique de moyens d'aspiration agencés auprès du disque 4. Le disque 4 comprend, de chaque côté, une surface annulaire de friction 5 délimitée par un cercle interne C1 de rayon R1 et un cercle externe C2 de rayon R2. La surface annulaire de friction 5 est l'ensemble des points vus par les garnitures 10, 12 lors de la rotation du disque 4.

[0115] Dans cet exemple, l'étrier 8 est flottant, c'est-à-dire qu'il est mobile en coulissement par rapport à une chape 9 fixée au moyeu de la roue. L'invention est évidemment adaptable à un frein à étrier fixe.

[0116] Afin d'aspirer les particules logées dans les aspérités ou à la surface du disque 4, deux buses 140 sont disposées à proximité du disque 4, chacune faisant face à une des deux surfaces annulaires de friction 5. Des conduites rigides 148, 149 sont prévues pour d'une part relier fluidiquement les buses 140 à la source de dépression 22 et d'autre part pour maintenir en position des buses 140 en vis-à-vis du disque 4.

[0117] Une patte de fixation 150 permet de fixer les conduites rigides 148, 149 à la chape 9. Les conduites rigides 148, 149 traversent deux orifices 152 de la patte 150, avec un emmanchement serré. Un troisième orifice permet de fixer la patte 150 à la chape 9. La patte 150 peut avoir une forme en V. Dans une variante, la patte est formée dans la chape 9. Les conduites 148, 149 viennent en saillie de la patte 150. Elles peuvent être reliées à la source de dépression 22 au moyen de flexibles (non représentés).

[0118] La conduite 148 peut avoir une forme en U et la conduite 149 peut être rectiligne.

[0119] La figure 8 montre une vue isométrique d'une buse 140. La buse comprend un bord amont 141 (c'est-à-dire qui est vu par un point du disque en premier) et un bord aval 142 (vu en dernier). Le bord

aval 142 peut être muni d'un joint (par exemple à brosse ou élastomère) qui vient racler le disque 4. Dans une variante, ou en combinaison, le bord aval 142 peut être plus éloigné du disque que le bord amont, par exemple d'une distance d'au moins 50% supérieure.

[0120] Une rainure 146 permet de créer un flux d'air d'aspiration ayant une direction principalement perpendiculaire à la surface 5 du disque 4. La rainure peut être parallèle à la direction longitudinale A de la buse 140. Dans la direction circonférentielle, la rainure 146 peut avoir une largeur sensiblement constante sur toute sa longueur radiale. La largeur de la rainure 146 peut être comprise entre 1 et 6 mm, et peut préférentiellement valoir 4 mm. La rainure peut avoir une profondeur de quelques millimètres, préférentiellement d'environ 0.5 mm. Une profondeur trop importante (par exemple 15 mm) n'est pas pertinente pour l'efficacité de l'aspiration.

[0121] Au moins un orifice de fuite 143 peut être prévu sur une face arrière de la buse. Cet orifice 143 est en liaison fluidique avec la rainure et incite la création d'un flux ayant une composante de sens contraire au sens de déplacement du disque, ce qui peut présenter des avantages pour que les particules ne restent pas coincées dans la rainure. La position et le nombre d'orifices de fuite 143 peut varier : on peut prévoir deux orifices 143, non seulement sur la face aval (comme dessiné sur la figure 8) mais aussi sur la face amont de la buse 140. Un orifice de fuite 143 peut être prévu à l'arrière de la buse (la face de la buse opposée à celle qui fait face au disque). Dans cette configuration, l'orifice d'aspiration 147 peut se situer à une extrémité (le long de l'axe A) de la rainure 146, et l'orifice de fuite 143 peut se situer à une autre extrémité de la rainure 146.

[0122] La buse 140 peut avoir une forme sensiblement longitudinale, elliptique ou ovale, avec un axe longitudinal A. Dans une variante non illustrée, la buse 140 présente une forme différente, par exemple en demi-lune.

[0123] La conduite 148, 149 crée une aspiration dans la rainure 146. Un orifice 147 d'aspiration est à cet effet prévu dans la buse 140.

[0124] La figure 9 montre une vue en coupe de l'installation des buses 140. Dans cet exemple, l'orifice d'aspiration 147 est centré par rapport à la rainure 146 dans la direction longitudinale A. La rainure 146 des buses 140 fait face aux surfaces de friction 5 du disque 4. Les buses 140 sont à une distance B des surfaces de friction 5. La distance B peut être inférieure à 3 millimètres voire à 0.1 millimètre.

[0125] La conduite 148 forme un U et la conduite 149 est rectiligne. Dans cet exemple, les conduites 148, 149 sont coplanaires mais d'autres conceptions sont envisageables.

[0126] Dans les exemples des figures 7 à 9, les buses 140 sont agencées symétriquement mais d'autres arrangements sont possibles. Celles-ci peuvent être décalées angulairement l'une par rapport à l'autre ou peuvent être de conception différente.

[0127] La figure 10 montre schématiquement le positionnement des buses 140. Les garnitures 10, 12 peuvent définir un rayon médian R0 et l'axe longitudinal A des buses 140 peut être disposé en alignement d'un rayon R, décalé angulairement du rayon R0 par un angle α. Cet angle est préférentiellement compris entre 20° et 160°. L'étrier ne permet pas toujours de prévoir un angle plus petit. Un angle trop grand n'est pas forcément compatible avec la fixation des buses par une patte et peut donc complexifier la fixation des buses.

[0128] Les figures 11 et 12 illustrent deux variantes de conception de la buse 140.

[0129] Sur la figure 11, la conduite d'aspiration 148, 149 est parallèle à la rainure 146. Le flux d'aspiration a une direction sensiblement perpendiculaire à la surface du disque.

[0130] La figure 12 montre une paire de buses 140 avec deux orifices de fuite 143 aux deux extrémités radiales de la rainure 146. L'air est aspiré à la fois du côté du disque et aux orifices 143, ce qui force un flux d'air dans la rainure qui est parallèle aux surfaces de friction du disque.

[0131] La figure 13 montre un exemple dans lequel une buse unique 140 reçoit les deux rainures 146. Cette buse peut avoir une forme générale en U. L'aspiration peut être faite par une conduite 48 unique, disposée dans le plan du disque. Une rainure auxiliaire 160, plus étroite peut venir relier les deux rainures 146. Par exemple, l'épaisseur circonférentielle de la rainure auxiliaire vaut la moitié de l'épaisseur circonférentielle des rainures 146. La rainure auxiliaire 160 chevauche le flanc du disque.

Revendications

[Revendication 1] Ensemble (100) pour véhicule (1) comportant :

- N freins à disque (2), où N est un nombre entier supérieur ou égal à deux, chacun des N freins à disque (2) étant muni d'un élément de collecte de particules (44, 54, 64, 146) ; et
- un système (20) de captation de particules de freinage comprenant :
  - une unique source de dépression (22) ;
  - un circuit pneumatique (24, 26, 32, 34, 36, 38, 148, 149) s'étendant de la source de dépression (22) aux éléments de collecte (44, 54, 64, 146) de chacun des N freins (2) ; et
  - une unité de contrôle (30) configurée pour relier fluidiquement la source de dépression (22) à chacun des N freins (2) successivement selon un cycle (C) prédéfini, de telle manière qu'à tout instant t donné, seuls n(t) freins sont fluidiquement reliés à la source de dépression (22), où quel que soit t, n(t) est un entier compris entre 0 et N-1.

[Revendication 2] Ensemble (100) selon la revendication 1, dans lequel le circuit pneumatique (24, 26, 32, 34, 36, 38) comprend N branches (24) respectivement connectées à chacun des N freins (2), chacune des branches (24) accueillant un filtre (26).

[Revendication 3] Ensemble (100) selon la revendication 1, dans lequel le circuit pneumatique comprend N branches (24) respectivement connectées à chacun des N freins (2), et 1 branche (34) connectée à la source de dépression (22) et accueillant un unique filtre (26).

[Revendication 4] Ensemble (100) selon l'une des revendications 2 ou 3, dans lequel les N branches (24) connectent respectivement chacun des N freins (2) à une unique vanne (36), elle-même connectée à la source de dépression (22), la vanne (36) étant apte, sous l'action de l'unité de contrôle (30), à relier fluidiquement la source de dépression (22) à chacun des N freins (2) selon le cycle (C) prédéfini.

[Revendication 5] Ensemble (100) selon l'une des revendications 2 ou 3, dans lequel chacune des N branches (24) accueille une vanne (36) qui est permutable, sous l'action de l'unité de contrôle (30), entre une position ouverte, dans laquelle le frein (2) respectif est fluidiquement relié à la source de dépression (22), et une position fermée, dans laquelle le frein (2) respectif n'est pas fluidiquement relié à la source de dépression (22).

[Revendication 6] Ensemble (100) selon l'une des revendications 1 à 5, dans lequel N est compris entre 4 et 10.

[Revendication 7] Ensemble (100) selon l'une des revendications 1 à 6, dans lequel l'unité de contrôle (30) est configurée pour relier fluidiquement la source de dépression (22) à chacun des N freins (2) alternativement, n(t) étant égal à 1 à tout instant.

[Revendication 8] Ensemble selon l'une des revendications 1 à 6, dans lequel n(t) prend alternativement les valeurs 1 ou 2 au cours du cycle (C), l'unité de contrôle (30) étant configurée pour qu'à un instant donné, la source de dépression (22) soit fluidiquement reliée à une paire de freins d'un même essieu ou à un seul frein.

[Revendication 9] Ensemble (100) selon l'une des revendications 1 à 8, dans lequel chaque frein (2) comprend une paire de garnitures (10, 12) et l'élément de collecte de particules comprend une rainure (44, 54, 64) agencée dans chacune des garnitures (10, 12).

[Revendication 10] Ensemble (100) selon l'une des revendications 1 à 9, dans lequel chaque frein (2) comprend une paire de garnitures (10, 12) et l'élément de collecte de particules comprend une rainure (146) agencée dans une buse (140) disposée à distance des garnitures (10, 12).

[Revendication 11] Ensemble (100) selon la revendication 10, dans lequel chaque frein (2) comprend un disque (4) présentant deux surfaces annulaires de friction (5), lieux respectifs de la friction des garnitures (10, 12) sur le disque (4), chacune des surfaces annulaires de friction (5) étant délimitées par un cercle interne (C1) et un cercle externe (C2), l'élément de collecte comprenant deux rainures d'aspiration (146) fluidiquement reliées à la source de dépression (22) et disposées à distance des garnitures (10, 12) de friction, chacune des rainures (146) étant disposée en regard d'une surface annulaire de friction (5) respective, chaque rainure (146) s'étendant du cercle interne (C1) au cercle externe (C2).

[Revendication 12] Ensemble (100) selon la revendication 11, dans lequel chaque rainure (146) est sensiblement rectiligne et a une largeur mesurée dans une direction circonférentielle qui est comprise entre 1 et 6 mm, et qui vaut préférentiellement 2 ou 4 mm.

[Revendication 13] Ensemble (100) selon l'une des revendications 11 ou 12, dans lequel chaque rainure (146) est agencée dans une buse respective (140).

[Revendication 14] Ensemble (100) selon la revendication 13, dans lequel, chaque buse (140) dispose d'au moins un orifice de fuite (143) en liaison fluidique avec la rainure (146).

[Revendication 15] Ensemble (100) selon l'une des revendications 13 ou 14, dans lequel chaque buse (140) est disposée à une distance axiale (B) de moins de trois millimètres, préférentiellement de moins de 0.1 mm, de la surface annulaire de friction (5) respective.

[Revendication 16] Ensemble (100) selon l'une des revendications 13 à 15, dans lequel chaque buse (140) comprend un bord aval (42) muni d'un joint (44) ou d'une brosse au contact de la surface annulaire de friction respective.

[Revendication 17] Ensemble (100) selon l'une des revendications 13 à 16, dans lequel chaque buse (140) comprend un bord amont (141) et un bord aval (142), le bord aval (142) étant plus éloigné de la surface annulaire de friction (5) respective que le bord amont (141).

[Revendication 18] Ensemble (100) selon l'une des revendications 13 à 17, dans lequel la rainure (146) de chaque buse (140) présente une direction longitudinale (A) qui est disposée en alignement

d'un rayon (R) du disque (4), ledit rayon (R) étant préférentiellement décalé angulairement d'un rayon médian (R0) des garnitures (10, 12), d'un angle (α) compris entre 20° et 60°.

[Revendication 19] Ensemble (100) selon l'une des revendications 13 à 18, dans lequel chaque frein (2) comprend un étrier fixe ou un étrier flottant (8) coulissant par rapport à une chape (9), les buses (140) étant fixées à l'étrier fixe ou à la chape (9).

[Revendication 20] Ensemble (100) selon l'une des revendications 13 à 19, dans lequel le système de captation des particules (20) comprend deux conduites rigides (148, 149) reliées chacune à une buse (140) respective et au moyen desquelles les buses (140) sont maintenues en position en regard du disque (4).

[Revendication 21] Ensemble (100) selon les revendications 19 et 20, dans lequel une patte de fixation (150) relie les conduites rigides (148, 149) à l'étrier ou à la chape (9), la patte de fixation (150) comprenant deux orifices (152) traversés par les conduites rigides (148, 149).

[Revendication 22] Ensemble (100) selon l'une des revendications 11 ou 12, dans lequel les deux rainures (146) sont disposées dans une unique buse (140).

[Revendication 23] Ensemble (100) selon la revendication 22, dans lequel une rainure auxiliaire (160) qui chevauche le flanc du disque relie ensemble les deux rainures d'aspiration (146).

[Revendication 24] Ensemble (100) selon l'une des revendications 1 à 23, dans lequel chaque frein comprend un disque (4) recouvert d'un revêtement céramique.

[Revendication 25] Procédé (1000, 2000) de mise en œuvre de l'ensemble selon l'une des revendications 1 à 24, le procédé comprenant une succession de cycles (C) comprenant chacun une succession d'étapes (1100.1, 1100.2, ... 1100.N, 2100.1, 2100.2, ... 2100.N) d'aspiration, chacune durant laquelle exactement un nombre n(t) de N freins (2) est fluidiquement relié à la source de dépression (22), où quel que soit t, n(t) est un entier compris entre 0 et N-1.

[Revendication 26] Procédé selon la revendication 25, dans lequel dans un cycle donné (C), chacun des N freins (2) est relié exactement une fois à la source de dépression (22).

[Revendication 27] Procédé selon l'une des revendications 25 ou 26, dans lequel chacune des étapes d'aspiration (1100.1, 1100.2, ... 1100.N, 2100.1, 2100.2, ... 2100.N) s'étend sur une même durée (T).

[Revendication 28] Procédé selon l'une des revendications 25 à 27, dans lequel sur un cycle, la durée (T(t)) de chaque étape d'aspiration (1100.1, 1100.2, ... 1100.N, 2100.1, 2100.2, ... 2100.N) est proportionnelle au nombre n(t) de freins reliés à la source de dépression durant ladite étape.

[Revendication 29] Procédé selon l'une des revendications 25 à 28, dans lequel les cycles (C) de liaison fluidique des N freins (2) à la source de dépression (22) se déroulent indépendamment de l'activation du frein (2).

[Revendication 30] Procédé selon l'une des revendications 25 à 29, dans lequel chaque cycle (C) comprend une étape d'attente (2200) durant laquelle aucun des N freins (2) n'est fluidiquement relié à la source de dépression (22), et/ou durant laquelle la source de dépression (22) est inactive.

[Revendication 31] Procédé (3000) de mise en œuvre de l'ensemble selon l'une des revendications 1 à 24, comprenant la permutation de la source de dépression d'un état inactif à un état actif alors que celle-ci n'est reliée fluidiquement à aucun des N freins, puis la mise en liaison fluidique (3300) de la source de dépression (22) à un des N freins (2).