## Description

## Titre : PROCEDE ET 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]** 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. Il a été observé qu'il existe un pic de formation de particules très rapidement après le début du freinage. Pour absorber la majeure partie des particules, les moyens d'aspiration doivent donc réagir vite au déclenchement du freinage : un moteur puissant est nécessaire pour que l'accélération de la turbine d'aspiration soit suffisante, afin de monter en régime dans un temps le plus court possible pour capter un maximum de particules formées durant ce pic. Les moteurs suffisamment puissants pour obtenir des courbes d'accélération appropriées sont onéreux et créent un appel de courant électrique important au moment de l'accélération de la turbine.

**[0006]** Une solution présentée dans le document FR 3 088 393 A1 vise à anticiper la mise en route de la turbine d'aspiration en détectant l'activation d'un frein régénératif. Cette solution présente toutefois l'inconvénient d'une suractivation du système de collecte de particules. En effet le frein à friction n'est pas systématiquement activé quand le freinage régénératif est utilisé. De plus, cette solution est uniquement envisageable pour des véhicules dotés d'un freinage régénératif.

### Résumé

**[0007]** La présente divulgation propose ainsi un procédé de mise en œuvre d'un système de captation des particules qui permette une aspiration efficace des particules de freinage sans utiliser

un moteur puissant et onéreux dont la mise en rotation créerait des pics de consommation électrique importants.

**[0008]** Il est ainsi proposé un procédé de mise en œuvre 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 et une unité de contrôle configurée pour commander l'état, actif ou inactif, des moyens d'aspiration, le procédé comprenant une succession de cycles, chacun des cycles comprenant une première étape d'une première durée durant laquelle les moyens d'aspiration sont commandés par l'unité de contrôle pour être dans un état actif et une seconde étape d'une seconde durée durant laquelle les moyens d'aspiration sont commandés par l'unité de contrôle pour être dans un état inactif.

**[0009]** Les inventeurs ont mis en évidence que de façon surprenante, le fait d'activer et désactiver l'aspiration régulièrement, et ce indépendamment de 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 la zone d'aspiration de la plaquette (par exemple une rainure en bord de fuite de la plaquette ou une rainure périphérique) 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, les particules emmagasinées dans les aspérités du disque sont aspirées, qu'il s'agisse d'aspiration durant l'activation du frein ou en absence de freinage. En activant l'aspiration de manière cyclique, c'est-à-dire décorrélée de l'activation du frein, on s'affranchit du besoin de rapidement activer l'aspiration au moment d'un freinage pour absorber les particules au moment du pic discuté ci-dessus. Par conséquent, il n'y a plus de nécessité de pourvoir le système d'un moteur puissant suscitant des pics de consommation électrique.

**[0010]** L'activation et la désactivation cyclique est à comprendre au sens d'une alternance, ou d'une succession continue et directe de basculements entre l'état actif et l'état inactif.

**[0011]** L'état « actif » correspond à la génération d'une dépression et donc d'un flux d'air d'aspiration, alors que l'état « inactif » correspond à une absence d'aspiration.

**[0012]** 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 comme exemples : 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 entraînée par un moteur. L'état « actif » correspond à un moteur tournant et l'état « inactif » correspond à un moteur à l'arrêt. Le procédé décrit ici alterne donc entre l'entraînement et l'arrêt du moteur et ne nécessite plus de pourvoir le système d'un moteur puissant qui doit assurer une montée en rotation rapide à la détection d'un commencement d'une phase de freinage. Ainsi, un moteur plus petit, moins onéreux, moins lourd et moins gourmand en courant électrique peut équiper le système.

**[0013]** 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.

**[0014]** Par ailleurs, il est implicite que les première et seconde durées sont non-nulles, sans quoi l'aspiration seraient continue ou totalement inactive.

**[0015]** 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.

**[0016]** Selon un autre aspect, la première durée est comprise entre 5 secondes et 2 minutes, préférentiellement entre 10 secondes et 1 minute.

**[0017]** Selon un autre aspect, la seconde durée est comprise entre 30 secondes et 30 minutes, préférentiellement entre 4 et 10 minutes.

**[0018]** Selon un autre aspect, le ratio entre la première durée et la seconde durée est compris entre 1/3 et 1/10.

**[0019]** Selon un autre aspect, l'unité de contrôle reçoit un signal indicatif de la vitesse de rotation du disque et les moyens d'aspirations sont commandés pour demeurer inactifs si la vitesse de rotation du disque est inférieure à un seuil. Ceci est en particulier avantageux pour un frein équipant un véhicule : aspirer peut s'avérer risqué à basse vitesse lorsque le véhicule emprunte un gué, puisque l'eau peut pénétrer le circuit d'aspiration. Au-delà d'une certaine vitesse, le risque n'existe plus. Des essais ont montré que rouler sous la pluie ne présente pas ce risque d'aspiration de l'eau dans le circuit pneumatique. La vitesse seuil peut dépendre du véhicule en question et peut être de l'ordre 2 à 3 tours par seconde (de 25 à 30 km/h).

**[0020]** Selon un autre aspect, un degré d'usure du disque est surveillé, et les première et seconde durées sont ajustées de telle manière que le ratio entre la première durée et la seconde durée augmente avec l'usure du disque.

**[0021]** Selon un autre aspect, le frein comprend une paire de garnitures ; 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 ; et le système de captation de particules comprend deux rainures 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.

**[0022]** L'invention porte également sur 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 aptes à assumer un état actif ou inactif ; et une unité de commande configurée pour basculer les

moyens d'aspiration alternativement entre état actif et un état inactif conformément au procédé décrit ci-dessus.

**[0023]** L'invention porte également sur un frein à disque comprenant un système de captation de particules tel que décrit ci-dessus et dans lequel l'état actif ou inactif des moyens d'aspiration est régulé indépendamment de l'activation du frein.

**[0024]** Selon un autre aspect, le frein comprend une paire de plaquettes de frein, chacune présentant une rainure de collecte de particules, les moyens d'aspiration du système de captation de particules étant fluidiquement reliés aux rainures de collecte de particules.

**[0025]** Selon un autre aspect, le frein comprend une paire de garnitures de friction ; 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 ; et un système de captation de particules de freinage comprenant : une source de dépression ; et 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]** La 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, le 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, le disque est 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]** L'invention porte également sur un véhicule automobile ou ferroviaire comprenant un frein tel que décrit ci-dessus, dans lequel l'unité de contrôle reçoit un signal indicatif de la vitesse du véhicule

et les moyens d'aspirations sont commandés pour demeurer inactifs si la vitesse du véhicule est inférieure à un seuil. Il est ainsi possible d'éviter l'aspiration d'eau lors d'un passage à gué.

**Brève description des dessins**

**[0042]** 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 :

**[0043]** [Fig. 1] montre un véhicule, un frein à disque et un système de captation de particules.

**[0044]** [Fig. 2A] montre un organigramme d'un procédé de mise en œuvre du système de captation.

**[0045]** [Fig. 2B] montre un chronogramme du procédé de la figure 2A.

**[0046]** [Fig. 3] illustre trois exemples de plaquette de frein.

**[0047]** [Fig. 4] illustre une vue isométrique d'un frein à disque.

**[0048]** [Fig. 5] représente une vue isométrique d'une buse d'aspiration.

**[0049]** [Fig. 6] montre une vue en coupe des buses d'aspiration montées autour du disque.

**[0050]** [Fig. 7] illustre schématiquement une vue de face du positionnement des buses.

**[0051]** [Fig. 8] représente une variante de conception pour une buse.

**[0052]** [Fig. 9] montre une variante de conception pour une buse.

**[0053]** [Fig. 10] illustre un exemple de buse unique accueillant deux rainures.

**Description des modes de réalisation**

**[0054]** 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.

**[0055]** La figure 1 illustre une application possible pour la présente divulgation. Un véhicule 1, routier (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.).

**[0056]** 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 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.

**[0057]** 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.

**[0058]** 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 Technologie(s).

**[0059]** 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 réservoir de collecte 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.

**[0060]** 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, ...).

**[0061]** 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 24. Aucune aspiration de particules n'est produite. Dans ce cas, les moyens d'aspiration 20, 22, 24, 26 sont dits 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 produite. Dans ce cas, les moyens d'aspiration 20, 22, 24, 26 sont dits être dans un état actif, quelle que soit la vitesse (non nulle) de la turbine et/ou l'amplitude de courant électrique (non nulle) apporté au moteur.

**[0062]** Dans une variante, l'état actif ou inactif des moyens d'aspiration est régulé par une vanne disposée dans le circuit pneumatique d'aspiration et la turbine peut être entraînée en continu.

**[0063]** La figure 2A illustre un procédé 100 de mise en œuvre du système de captation 20 de la figure 1. Dans une première étape 110 d'une première durée T1, les moyens d'aspiration sont commandés pour être actifs. Dans une second étape 120 d'une seconde durée T2, les moyens d'aspiration sont commandés pour être inactifs.

**[0064]** Les deux étapes 110, 120 forment un cycle C qui est répété. Les deux étapes se succèdent directement dans le temps.

**[0065]** Cette succession dans le temps est également représentée sur la figure 2B. L'axe des abscisses est l'axe des temps. La courbe montre les créneaux correspondant aux changements d'état entre l'état actif et l'état inactif, chacun des états étant maintenu pendant une durée respective T1, T2.

**[0066]** 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

**[0067]** On observe que le simple fait 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.

**[0068]** 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.

**[0069]** 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.

**[0070]** 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

**[0071]** 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 de choisir une accélération de la turbine plus faible, car il n'est pas nécessaire de

monter rapidement la turbine en vitesse pour absorber le pic de particules qui se produit lors d'un freinage. Ainsi, pour un même taux de captation de particules, un moteur plus petit peut être choisi.

**[0072]** 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

**[0073]** 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. Pour un ratio T1/T2 compris entre 15% et 30%, l'efficacité est acceptable. Au-delà de 30%, les bénéfices sur la captation de particules sont contrebalancés par une consommation électrique importante.

**[0074]** Pour ce qui concerne les valeurs des durées, la durée T1 peut être comprise entre 5 secondes et 2 minutes, préférentiellement entre 10 secondes et 1 minute. En-dessous de cette plage, il redevient nécessaire de prévoir une accélération rapide de la turbine pour qu'elle arrive rapidement en régime stationnaire (et donc un moteur puissant et gourmand) avant la fin de T1. Au-dessus de cette plage, la consommation électrique est importante.

**[0075]** La seconde durée T2 peut être comprise entre 30 secondes et 30 minutes, préférentiellement entre 4 et 10 minutes. Pour les raisons évoquées ci-dessus, la durée T2 est choisie pour que le ratio entre la première durée T1 et la seconde durée T2 soit compris entre 1/3 et 1/10.

**[0076]** Les valeurs de T1 et T2 peuvent être figées. Elles peuvent alternativement être ajustables au cours de la vie d'un frein/ d'un véhicule / d'une machine. Par exemple, un degré d'usure du disque peut être surveillé (épaisseur de matière, défaut de planéité de surface (voilage)). Par exemple, un opérateur peut mesurer ce degré d'usure lors d'un contrôle de maintenance et le communiquer à l'unité de contrôle 30. L'unité de commande peut être programmée pour ajuster les durées T1 et T2 en fonction de l'usure du disque, par exemple pour que le ratio T1/T2 augmente avec l'usure du disque. En effet, l'usure du disque peut accentuer les défauts de surfaces et donc la quantité de particules qui peuvent s'y loger. Il peut être avantageux d'aspirer les particules plus longtemps en augmentant T1 (ou le ratio T1/T2).

**[0077]** Il peut être possible de conditionner l'activation/désactivation des moyens d'aspiration à la vitesse du véhicule (V sur la figure 1) ou du disque (W). Pour ce faire, un détecteur de vitesse dédié ou intégré au véhicule ou à la machine peut être prévu. Ce détecteur communique un signal à l'unité de contrôle indiquant la vitesse du disque ou du véhicule. L'unité de contrôle peut être programmée pour comparer la vitesse réelle à un seuil et pour maintenir les moyens d'aspiration désactivés si la vitesse est inférieure à ce seuil.

**[0078]** 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.

**[0079]** 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.

**[0080]** 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.

**[0081]** 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.

**[0082]** Ainsi, divers éléments de collecte 44, 54, 64 peuvent être prévus sur une plaquette pour l'aspiration des particules.

**[0083]** Les figures 4 à 10 présentent des moyens de collecte des particules qui peuvent être une alternative aux rainures 44, 54, 64, ou y être complémentaire.

**[0084]** La figure 4 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.

**[0085]** 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.

**[0086]** 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.

**[0087]** 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).

**[0088]** La conduite 148 peut avoir une forme en U et la conduite 149 peut être rectiligne.

**[0089]** La figure 5 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.

**[0090]** 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.

**[0091]** 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 5) 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.

**[0092]** 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.

**[0093]** 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.

**[0094]** La figure 6 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.

**[0095]** 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.

**[0096]** Dans les exemples des figures 4 à 6, 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.

**[0097]** La figure 7 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.

**[0098]** Les figures 8 et 9 illustrent deux variantes de conception de la buse 140.

**[0099]** Sur la figure 8, 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.

**[0100]** La figure 9 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.

**[0101]** La figure 10 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.

**[0102]** Il est entendu que la présente invention n'est pas limitée aux exemples décrits ci-avant et que l'homme du métier saurait envisager des variantes sans s'écarter de la protection conférée par les revendications annexées.

## Revendications

**[Revendication 1]** Procédé (100) de mise en œuvre d'un système (20) de captation de particules de freinage d'un frein à disque, le système (20) de captation comprenant des moyens d'aspiration (22, 24, 26) de particules et une unité de contrôle (30) configurée pour commander l'état, actif ou inactif, des moyens d'aspiration (22, 24, 26), le procédé comprenant une succession de cycles (C), chacun des cycles (C) comprenant une première étape (110) d'une première durée (T1) durant laquelle les moyens d'aspiration (22, 24, 26) sont commandés par l'unité de contrôle (30) pour être dans un état actif et une seconde étape (120) d'une seconde durée (T2) durant laquelle les moyens d'aspiration (22, 24, 26) sont commandés par l'unité de contrôle pour être dans un état inactif.

**[Revendication 2]** Procédé (100) selon la revendication 1, dans lequel la première durée (T1) est comprise entre 5 secondes et 2 minutes, préférentiellement entre 10 secondes et 1 minute.

**[Revendication 3]** Procédé (100) selon la revendication 1 ou 2, dans lequel la seconde durée (T2) est comprise entre 30 secondes et 30 minutes, préférentiellement entre 4 et 10 minutes.

**[Revendication 4]** Procédé (100) selon l'une des revendications 1 à 3, dans lequel le ratio entre la première durée (T1) et la seconde durée (T2) est compris entre 1/3 et 1/10.

**[Revendication 5]** Procédé (100) selon l'une des revendications 1 à 4, dans lequel l'unité de contrôle (30) reçoit un signal indicatif de la vitesse de rotation (W) du disque (4) et les moyens d'aspirations (22, 24, 26) sont commandés pour demeurer inactifs si la vitesse de rotation (W) du disque (4) est inférieure à un seuil.

**[Revendication 6]** Procédé (100) selon l'une des revendications 1 à 5, dans lequel un degré d'usure du disque est surveillé, et les première et seconde durées (T1, T2) sont ajustées de telle manière que le ratio entre la première durée (T1) et la seconde durée (T2) augmente avec l'usure du disque.

**[Revendication 7]** Procédé (100) selon l'une des revendications 1 à 6, dans lequel le frein comprend une paire de garnitures (10, 12), chacune présentant un élément de collecte de particules (44, 54, 64), les moyens d'aspiration (22, 24, 26) du système de captation (20) de particules étant fluidiquement reliés aux éléments de collecte de particules (44, 54, 64).

**[Revendication 8]** Procédé (100) selon l'une des revendications 1 à 7, dans lequel le frein comprend une paire de garnitures (10, 12) ; 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) ; et le système (20) de captation de particules comprend deux rainures (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 9]** Système (20) de captation de particules de freinage émises par un frein (2) à disque, le système de captation (20) comprenant :

- des moyens d'aspiration (22, 24, 26) de particules aptes à assumer un état actif ou inactif ; et
- une unité de commande (30) configurée pour basculer les moyens d'aspiration (22, 24, 26) alternativement entre état actif et un état inactif conformément au procédé de l'une des revendications précédentes.

**[Revendication 10]** Frein (2) à disque comprenant un système (20) de captation de particules selon la revendication 9 et dans lequel l'état actif ou inactif des moyens d'aspiration (22, 24, 26) est régulé indépendamment de l'activation du frein (2).

**[Revendication 11]** Frein (2) selon la revendication 10 comprenant une paire de garnitures (10, 12) de frein, chacune présentant un élément de collecte de particules (44, 54, 64), les moyens d'aspiration (22, 24, 26) du système de captation (20) de particules étant fluidiquement reliés aux éléments de collecte de particules (44, 54, 64).

**[Revendication 12]** Frein selon la revendication 10 ou 11 comprenant une paire de garnitures (10, 12) ; et 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), le système (20) de captation de particules 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 13]** Frein selon la revendication 12, 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 14]** Frein selon l'une des revendications 12 ou 13, dans lequel chaque rainure (146) est agencée dans une buse respective (140).

**[Revendication 15]** Frein selon la revendication 14, dans lequel, chaque buse (140) dispose d'au moins un orifice de fuite (143) en liaison fluidique avec la rainure (146).

**[Revendication 16]** Frein selon l'une des revendications 14 ou 15, 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 17]** Frein selon l'une des revendications 14 à 16, 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 18]** Frein selon l'une des revendications 14 à 17, 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 19]** Frein selon l'une des revendications 14 à 18, 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 20]** Frein selon l'une des revendications 14 à 19, dans lequel le 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 21]** Frein selon l'une des revendications 14 à 20, 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 22]** Frein selon les revendications 20 et 21, 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 23]** Frein selon l'une des revendications 12 ou 13, dans lequel les deux rainures (146) sont disposées dans une unique buse (140).

**[Revendication 24]** Frein selon la revendication 23, dans lequel une rainure auxiliaire (160) qui chevauche le flanc du disque relie ensemble les deux rainures d'aspiration (146).

**[Revendication 25]** Frein selon l'une des revendications 10 à 24, dans lequel le disque (4) est recouvert d'un revêtement céramique.

**[Revendication 26]** Véhicule automobile ou ferroviaire (1) comprenant un frein selon l'une des revendications 10 à 25, dans lequel l'unité de contrôle (30) reçoit un signal indicatif de la vitesse du véhicule (V) et les moyens d'aspirations (22, 24, 26) sont commandés pour demeurer inactifs si la vitesse du véhicule (V) est inférieure à un seuil.