

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
—  
**INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE**  
—  
COURBEVOIE  
—

①1 N° de publication :

**3 065 439**

(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

②1 N° d'enregistrement national :

**17 53531**

⑤1 Int Cl<sup>8</sup> : **B 64 C 25/44** (2017.01), B 60 T 8/173, F 16 D 55/24,  
F 16 D 65/02

⑫

## BREVET D'INVENTION

**B1**

⑤4 PROCÉDE D'ATTENUATION DES VIBRATIONS DES ROUES FREINÉES D'AERONEF.

②2 Date de dépôt : 24.04.17.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public  
de la demande : 26.10.18 Bulletin 18/43.

④5 Date de la mise à disposition du public du  
brevet d'invention : 14.08.20 Bulletin 20/33.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de  
recherche :

*Se reporter à la fin du présent fascicule*

⑥0 Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

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

⑦2 Inventeur(s) : GATT ANTOINE, HAMD  
ABDELBASSET, AUREGAN GILLES et DIEBOLD  
JEAN-FREDERIC.

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

⑦4 Mandataire(s) : CABINET BOETTCHER.

**FR 3 065 439 - B1**



L'invention concerne un procédé d'atténuation des vibrations des roues freinées d'aéronef survenant lors d'un freinage.

#### ARRIERE-PLAN DE L'INVENTION

5 On sait que des vibrations sont susceptibles d'intervenir lors de freinages d'un aéronef dans les roues équipées de freins. Ces vibrations résultent de phénomènes dynamiques complexes et ont reçu plusieurs traitements. On a par exemple proposé d'équiper le  
10 circuit hydraulique alimentant les freins de restricteurs pour éviter des à-coups hydrauliques susceptibles de donner naissance à des vibrations. On a également proposé d'équiper le pied du tube de torsion d'une bague anti-vibrations (anti-whirl) diminuant l'intensité des  
15 vibrations.

Ces solutions ne sont pas sans inconvénients. Les restricteurs limitent de fait les débits disponibles pour la commande des freins et en limitent donc la dynamique. Par ailleurs l'utilisation d'une bague anti-vibration  
20 oblige à équiper le tube de torsion d'un pied, ce qui complexifie le tube et l'alourdit.

#### OBJET DE L'INVENTION

L'invention vise à proposer un procédé d'atténuation des vibrations des roues freinées d'aéronef  
25 lors de freinages, ne présentant pas les inconvénients précités.

#### BREVE DESCRIPTION DE L'INVENTION

En vue de la réalisation de ce but, on propose un procédé d'atténuation de vibrations d'un ensemble  
30 roue/frein d'aéronef survenant lors d'un freinage, le frein comportant des disques rotors entraînés en rotation

avec la roue au moyen de barrettes solidaires de la roue et engagées dans des encoches des disques rotors, et des disques stators maintenus immobiles en rotation au moyen de tenons solidaires d'un tube de torsion du frein et  
5 engagés dans des encoches des disques stators, les flancs des encoches étant protégés par des cavaliers. Selon l'invention, le procédé d'atténuation comporte la sélection de couples cavaliers/tenons et/ou cavaliers/barrettes présentant un coefficient de  
10 frottement inférieur ou égal à 0,6.

Les inventeurs ont réalisé des simulations de freinage poussées intégrant le coefficient de frottement des interfaces entre les disques et les tenons ou barrettes. Ces simulations ont permis de découvrir une  
15 influence très sensible de ce coefficient de frottement sur le niveau de vibrations générées lors des freinages. En particulier, il apparaît que les amplitudes vibratoires (caractérisées par les accélérations développées et mesurées en g) sont globalement  
20 proportionnelles au coefficient de frottement entre les disques et les tenons ou barrettes. Les inventeurs ont ainsi découvert qu'un choix d'interfaces présentant un coefficient de frottement inférieur ou égal à 0,6 permet d'atténuer ce niveau de vibrations.

25 De tels coefficients de frottement peuvent être obtenus en choisissant de façon adéquate la matière des cavaliers qui équipent les disques et qui viennent en contact avec les tenons et barrettes, la matière des tenons et barrettes, ou en équipant ces derniers d'un  
30 revêtement propre à obtenir de tels coefficients de frottement.

De préférence, on sélectionne des couples cavaliers/tenons et/ou cavaliers/barrettes présentant un coefficient de frottement inférieur ou égal à 0,5.

5 De préférence, on sélectionne des couples cavaliers/tenons et/ou cavaliers/barrettes présentant un coefficient de frottement inférieur ou égal à 0,4.

De préférence, on sélectionne des couples cavaliers/tenons et/ou cavaliers/barrettes présentant un coefficient de frottement inférieur ou égal à 0,2. Ce  
10 seuil a permis, sur les simulations précitées, de limiter les amplitudes de vibration à moins de 20g.

#### BREVE DESCRIPTION DES DESSINS

L'invention sera mieux comprise à la lumière de la description qui suit en référence aux figures des  
15 dessins annexés, parmi lesquelles :

- la figure 1 est une vue en perspective d'un tube de torsion d'un frein équipé de tenons et sur lequel des disques de freins sont enfilés. Seuls les disques stators sont représentés ;

20 - la figure 2 est une vue en perspective des disques rotor du frein de la figure 1 recevant dans leurs encoches des barrettes de la roue à freiner ;

- La figure 3 est une vue en perspective d'un cavalier équipant une encoche d'un disque rotor ;

25 - la figure 4 est un graphe montrant les vibrations générées par un freinage, avec respectivement un coefficient de frottement de 0,6 et un coefficient de frottement de 0,2

30 - la figure 5 est un graphe montrant la relation entre le coefficient de frottement et le niveau maximal de vibrations.

## DESCRIPTION DETAILLEE DE L'INVENTION

De façon connue en soi, et comme cela est illustré aux figures 1 et 2, un frein typique d'aéronef moderne, par exemple un frein d'avion de ligne du type de ceux produits par les sociétés AIRBUS ou BOEING, comporte un tube de torsion 1 sur lequel des disques en carbone sont enfilés. Parmi ces disques, on compte des disques stators 2a qui comportent des encoches 3a dans lesquelles sont engagés des tenons 4 solidaires du tube de torsion, de sorte que les disques stators 2a sont immobilisés en rotation. Ici les tenons 4 sont venus de matière avec le tube de torsion 1, mais ils pourraient être rapportés sur le tube de torsion. En alternance avec les disques stators 2a, on trouve des disques rotors 2b qui comportent des encoches 3b dans lesquelles sont engagées des barrettes 5 solidaires de la jante 6 d'une roue (visible à la figure 3) qui s'étend autour des freins, de sorte que les disques rotors tournent avec la roue. Ici, les barrettes 5 sont rapportées sur la jante de la roue, mais elles pourraient être venues de matière avec la jante. Le frein comporte des actionneurs de freinage hydrauliques ou électromécaniques (non représentés ici), qui pressent sélectivement les disques entre eux pour générer un effort de frottement entre les disques et ainsi freiner la roue. Comme cela est illustré à la figure 3, les flancs des encoches sont généralement protégés par des cavaliers 7 qui définissent l'interface entre les disques et les tenons ou barrettes.

Sur la figure 4 a été représentée l'amplitude des vibrations sous la forme du niveau d'accélération (mesuré en g) induit par les vibrations intervenant lors d'un

freinage, en retenant respectivement un coefficient de frottement de 0,6 et un coefficient de frottement de 0,2 pour l'interface entre les disques et les tenons ou barrettes. Après une phase initiale de naissance et de développement, les vibrations se stabilisent en quelques dixièmes de secondes à un niveau d'amplitude maximale, qui reste relativement constant. Les inventeurs ont remarqué que l'influence du coefficient de frottement est déterminante. On constate que le niveau de vibration baisse quand le coefficient de frottement baisse. Dans la simulation illustrée, le coefficient de frottement de 0,6 conduit à une amplitude de vibration de  $\pm 60g$ , tandis que le coefficient de frottement de 0,2 aboutit à une amplitude de vibration de  $\pm 20g$ .

Cette découverte a incité les inventeurs à explorer l'influence de ce paramètre. La figure 5 montre le résultat obtenu en faisant varier ce paramètre, à savoir que l'amplitude maximale des vibrations est sensiblement proportionnelle au coefficient de frottement retenu.

Ainsi, le choix d'interfaces présentant un coefficient de frottement inférieur ou égal à 0,6 permet de limiter efficacement l'amplitude maximale des vibrations. Un tel coefficient de frottement peut être obtenu de différentes manières, comme par exemple :

- en choisissant un couple de matériau pour l'interface cavalier/tenon ou cavalier/barrette à faible coefficient de frottement ;
- en appliquant sur le cavalier un revêtement de surface présentant avec les barrettes ou tenons un faible coefficient de frottement ;

- en appliquant sur les barrettes ou les tenons d'un revêtement de surface présentant avec les cavaliers un faible coefficient de frottement ;

5 - en recouvrant les barrettes ou les tenons d'une tôle de protection présentant avec les cavaliers un faible coefficient de frottement...

L'obtention de tels coefficients de frottement a pu être vérifiée par diverses expérimentations détaillées ci-dessous, aboutissant à des coefficients de frottement mesurés inférieurs à 0,6, allant jusqu'à 0,2 ou moins. Ces expérimentations concernent des combinaisons barrettes/cavaliers, mais peuvent bien entendu s'appliquer à des combinaisons tenons/cavaliers :

Premier exemple:

15 - cavaliers en acier 15CrMoV6 ;  
- barrettes en acier X5CrNiMo16-5 avec un revêtement en carbure de tungstène enrichi de cobalt (WC/Co/Cr) sans rectification, rugosité Ra=3,2 microns.

20 Une identification au tribomètre donne un coefficient de frottement de sensiblement 0,5.

Deuxième exemple:

- cavaliers en acier 17-22AS ;  
- barrettes en acier X5CrNiMo16-5 avec un revêtement en carbure de tungstène enrichi de cobalt (WC/Co/Cr) rectifié avec une rugosité Ra=1,6 microns.

Une identification au tribomètre donne un coefficient de frottement entre 0,2 et 0,4.

Troisième exemple:

30 - cavaliers en acier 15CrMoV6, avec dépôt en surface de particules de carbone;

- barrettes en acier X5CrNiMo16-5 avec un revêtement en carbure de tungstène enrichi de cobalt (WC/Co/Cr) sans rectification, rugosité Ra=3,2 microns, avec dépôt en surface de particules de carbone.

Une identification au tribomètre donne un coefficient de frottement de sensiblement 0,2.

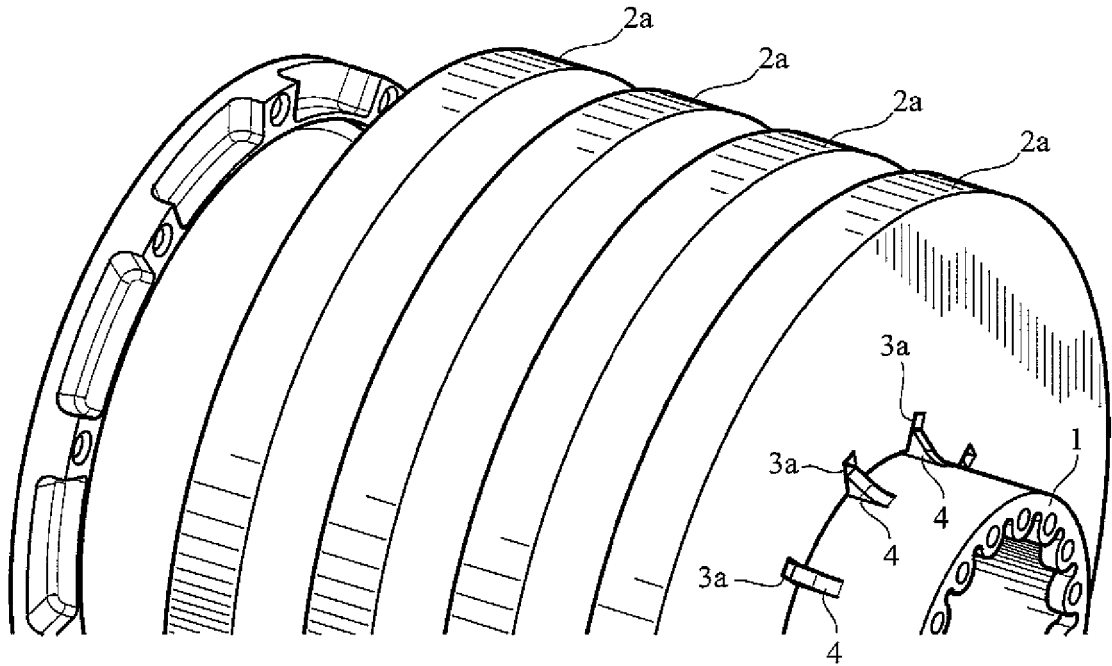
Il est ainsi techniquement possible d'obtenir des coefficients de frottement inférieurs à 0,6, et même bien plus bas, de l'ordre de 0,2. Un coefficient de frottement aussi bas a permis de limiter le niveau maximal d'accélération à  $\pm 20g$  dans les simulations menées par les inventeurs, ce qui répond aux spécifications récentes émises par certains avionneurs

L'invention n'est pas limitée à ce qui vient d'être décrit, mais bien au contraire englobe toute variante entrant dans le cadre défini par les revendications.

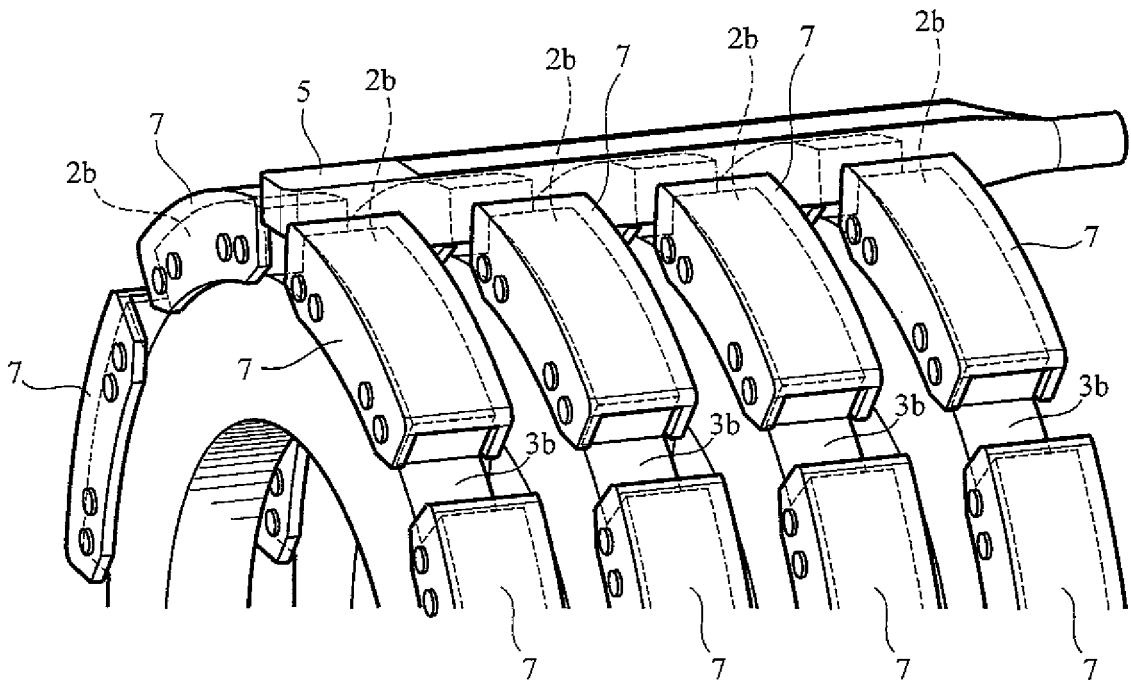


REVENDICATIONS

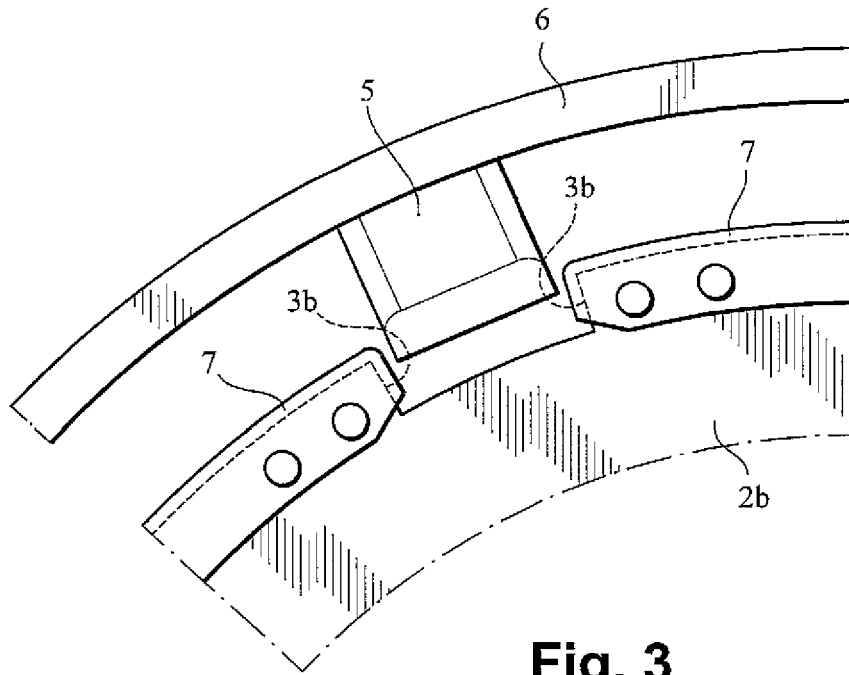
1. Procédé d'atténuation de vibrations d'un ensemble roue/frein d'aéronef survenant lors d'un freinage, le frein comportant des disques rotors (2b) entraînés en rotation  
5 avec la roue au moyen de barrettes (5) solidaires de la roue et engagées dans des encoches (3b) des disques rotors, et des disques stators (2a) maintenus immobiles en rotation au moyen de tenons (4) solidaires d'un tube de torsion (1) du frein et engagés dans des encoches (3a) des disques  
10 stators, les encoches ayant des flancs protégés par des cavaliers (7), caractérisé en ce que l'on sélectionne des couples cavaliers/tenons et/ou cavaliers/barrettes présentant un coefficient de frottement inférieur ou égal à 0,2.
- 15 2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel on sélectionne le couple suivant :
- cavaliers en acier 15CrMoV6 ;
  - barrettes ou tenons en acier X5CrNiMo16-5 avec un revêtement en carbure de tungstène enrichi de cobalt  
20 (WC/Co/Cr) sans rectification, rugosité Ra=3,2 microns ;
3. Procédé selon la revendication 1, dans lequel on sélectionne le couple suivant :
- cavaliers en acier 17-22AS;
  - barrettes ou tenons en acier X5CrNiMo16-5 avec un  
25 revêtement en carbure de tungstène enrichi de cobalt (WC/Co/Cr) rectifié avec une rugosité Ra=1,6 microns.
4. Procédé selon la revendication 1, dans lequel on sélectionne le couple suivant :
- cavaliers en acier 15CrMoV6, avec dépôt en surface de  
30 particules de carbone ;
  - barrettes ou tenons en acier X5CrNiMo16-5 avec un revêtement en carbure de tungstène enrichi de cobalt (WC/Co/Cr) sans rectification, rugosité Ra=3,2 microns avec dépôt en surface de particules de carbone.



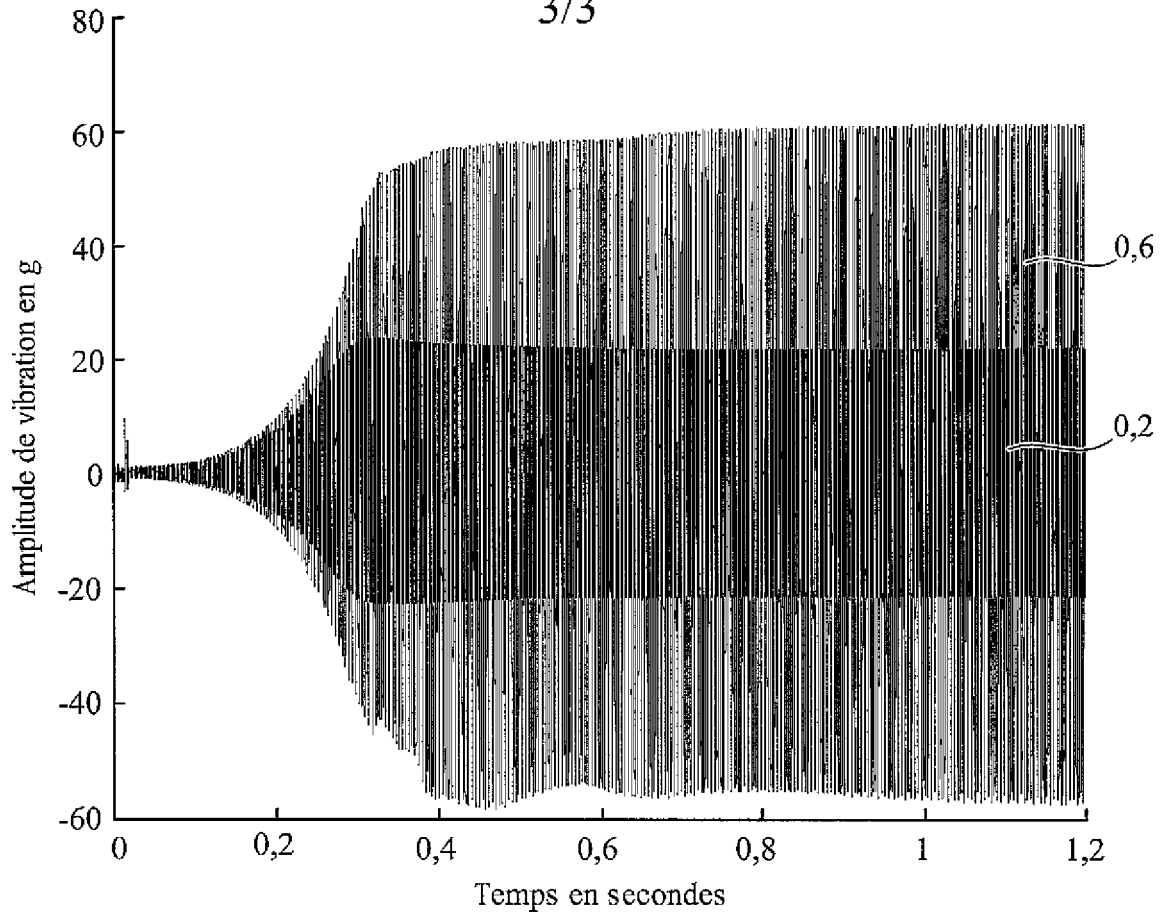
**Fig. 1**



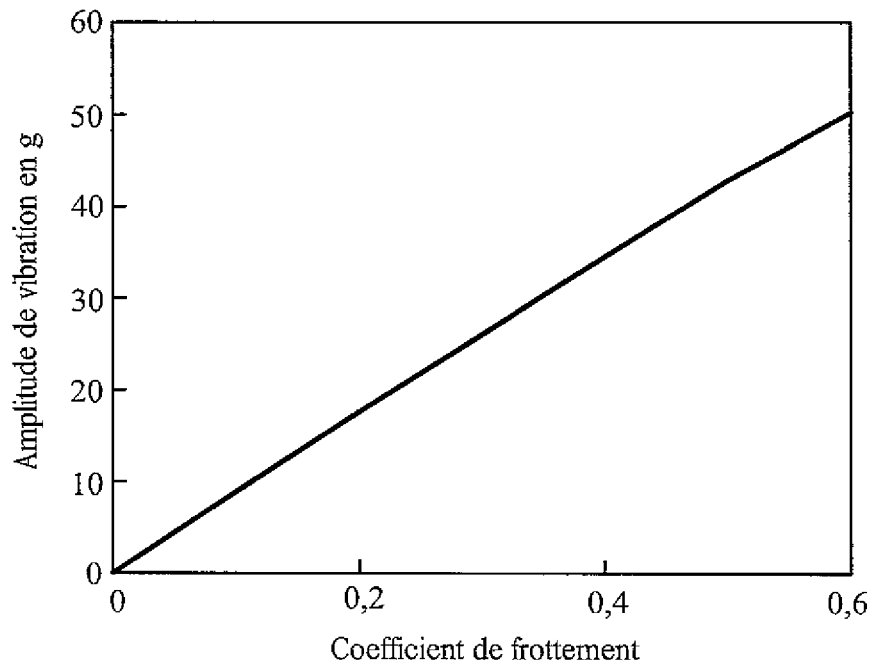
**Fig. 2**



**Fig. 3**



**Fig. 4**



**Fig. 5**

# RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

## OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

---

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

## CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

---

Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.

Le demandeur a maintenu les revendications.

Le demandeur a modifié les revendications.

Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.

Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.

Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

## DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

---

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.

Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.

Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.

Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

**1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN  
CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION**

FR 2 887 559 A1 (GOODRICH CORP [US]) 29 décembre 2006 (2006-12-29)

US 2007/175709 A1 (SCELSI ANTHONY [US] ET AL) 2 août 2007 (2007-08-02)

US 2009/236763 A1 (SIMPSON ALLEN H [US] ET AL) 24 septembre 2009 (2009-09-24)

US 2010/104465 A1 (SIMPSON ALLEN H [US] ET AL) 29 avril 2010 (2010-04-29)

US 5 931 269 A (DETWILER MICHAEL R [US] ET AL) 3 août 1999 (1999-08-03)

US 3 605 967 A (WARREN JOHN H ET AL) 20 septembre 1971 (1971-09-20)

**2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN  
TECHNOLOGIQUE GENERAL**

NEANT

**3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND  
DE LA VALIDITE DES PRIORITES**

NEANT