(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) **N° de publication :** **2 945 272**

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

(21) **N° d'enregistrement national :** **10 53466**

(51) Int Cl[8] : ***B 64 D 45/00*** *(2006.01), B 64 C 25/34, G 01 M 17/00, 17/02*

(12) DEMANDE DE BREVET D'INVENTION A1

(22) **Date de dépôt :** 04.05.10.

(30) **Priorité :** 05.05.09 US 12435702.

(43) **Date de mise à la disposition du public de la demande :** 12.11.10 Bulletin 10/45.

(56) **Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire :** *Ce dernier n'a pas été établi à la date de publication de la demande.*

(60) **Références à d'autres documents nationaux apparentés :**

(71) **Demandeur(s) :** *GOODRICH CORPORATION* — US.

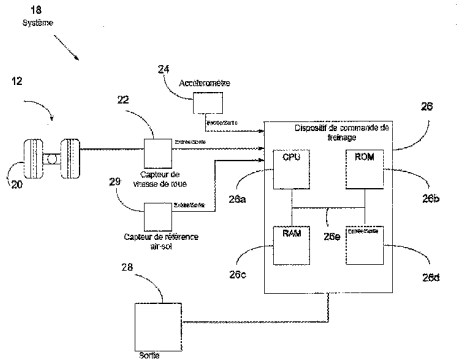
(72) **Inventeur(s) :** CAHILL ERIC D..

(73) **Titulaire(s) :** GOODRICH CORPORATION.

(74) **Mandataire(s) :** MARKS & CLERK FRANCE.

(54) SYSTEME DE DETECTION DE SURVITESSE, DE FORTES CHARGES ET D'ATTERRISSAGES BRUTAUX.

(57) Un système, un appareil et un procédé fournissent un moyen permettant d'indiquer qu'une condition de surcharge s'est produite pendant le fonctionnement d'un aéronef (10, 14). La survenue d'une condition de surcharge est déterminée automatiquement et son indication est délivrée. Sur la base de l'indication reçue par le poste de pilotage, l'avionique, le système de maintenance, etc., des mesures supplémentaires peuvent être prises pour corriger les effets de la condition de surcharge sur les pneumatiques et/ou le train d'atterrissage.



FR 2 945 272 - A1

SYSTEME DE DETECTION DE SURVITESSE, DE FORTES CHARGES ET D'ATTERRISSAGES BRUTAUX

La présente invention concerne de façon générale la maintenance de véhicules et plus particulièrement la détection de l'instant où une maintenance est exigée sur des composants d'aéronefs.

Lorsqu'un aéronef atterrit, il est préférable que la vitesse d'atterrissage, que l'angle de descente et que la vitesse de descente se situent en deçà de limites spécifiées à l'avance. Cela minimise les risques de surcharge de composants de l'aéronef pouvant conduire à une fatigue et/ou à une défaillance des composants. Pour des raisons de sécurité, des inspections routinières du train d'atterrissage et des pneumatiques d'un aéronef sont effectuées pour vérifier si les pneumatiques et le train d'atterrissage ne montrent pas des signes indiquant qu'ils ont dépassé leurs limites de fonctionnement. Ces inspections sont généralement effectuées à des intervalles spécifiés à l'avance ou lorsque l'équipe de maintenance est informée de certaines circonstances dans lesquelles il peut s'être produit une surcharge des pneumatiques et/ou du train d'atterrissage (par exemple lorsque le pilote signale un atterrissage brutal).

Lors des inspections, le personnel de maintenance inspecte physiquement les pneumatiques et le train d'atterrissage afin de déceler des signes de contrainte et/ou d'endommagement. Il est à noter que ces inspections de maintenance sont consommatrices de temps. De plus, les

inspections nécessitent la mise hors service de l'aéronef, cela conduisant à une perte de recettes pour la compagnie aérienne.

L'un des inconvénients des procédés classiques destinés à la maintenance de pneumatiques et de trains d'atterrissage d'aéronefs est qu'il n'existe actuellement aucune façon de savoir exactement l'instant où ces inspections sont nécessaires. A titre d'exemple, un pilote peut penser qu'il a effectué un "atterrissage brutal" et par conséquent, recommander une inspection de l'aéronef alors qu'en fait l'atterrissage s'est effectué bien en deçà des limites acceptables. Inversement, le pilote peut penser que l'atterrissage n'a pas été excessivement brutal et par conséquent, ne pas recommander d'inspection de l'aéronef alors qu'en fait les charges subies pendant l'atterrissage ont dépassé les paramètres maximum recommandés.

La présente invention concerne un système, un appareil et un procédé permettant d'indiquer un état de surcharge s'étant produit pendant le fonctionnement d'un aéronef. Plus précisément, le système, l'appareil et le procédé déterminent automatiquement la survenue d'une condition de surcharge et délivre une indication correspondante. Sur la base de l'indication, qui peut être envoyée au poste de pilotage, au compartiment d'avionique, à un terminal de maintenance, etc., une mesure supplémentaire peut être prise pour remédier aux effets de la condition de surcharge sur les pneumatiques et/ou les trains d'atterrissage.

Une condition de surcharge se produit lorsque les pneumatiques et/ou les trains d'atterrissage ont été exposés à une charge et/ou à une vitesse qui

dépasse les spécifications recommandées. Le système, l'appareil et le procédé de la présente invention reçoivent des données représentatives d'au moins une charge imposée à un pneumatique et une vitesse angulaire du pneumatique. Les données reçues sont ensuite comparées à un seuil spécifié à l'avance, et, sur la base de la comparaison, une sortie est fournie, indiquant si oui ou non une maintenance est exigée sur un ou plusieurs pneumatiques et/ou sur des trains d'atterrissage correspondant au(x) pneumatique(s). La condition de surcharge délivrée peut par exemple correspondre à au moins une condition de survitesse du pneumatique, une condition de surcharge du pneumatique et une condition de surcharge du train d'atterrissage. A titre d'exemple, si un pneumatique a dépassé sa vitesse maximale nominale, une condition de surcharge du pneumatique peut être automatiquement déterminée et indiquée au personnel de maintenance.

Pour atteindre les buts mentionnés ci-dessus et d'autres encore, l'invention comprend donc les caractéristiques décrites plus en détail ci-après et plus particulièrement indiquées dans les revendications. La description suivante et les dessins annexés décrivent en détail certains exemples de modes de réalisation de l'invention. Cependant, ces modes de réalisation ne sont cependant représentatifs que d'un petit nombre des diverses façons dont les principes de l'invention peuvent être exploités.

La figure 1 est un schéma de principe illustrant un exemple d'aéronef au cours de différents scénarios d'atterrissage.

La figure 2 est un schéma de principe d'un exemple de système de commande de freinage de l'invention.

La figure 3 est un exemple de graphique représentant des vitesses de roues simulées.

La figure 4 est un exemple de graphique représentant des courbes de charge-déformation simulées pouvant être utilisées avec la présente invention.

La figure 5 est un exemple de graphique représentant un aéronef en accélération constante pour lequel la vitesse des roues indique un méplat de pneumatique.

La figure 6 est un exemple de graphique représentant un aéronef à vitesse constante, pour lequel la vitesse de roue indique un méplat de pneumatique.

La figure 7 est un organigramme illustrant des exemples d'étapes permettant d'indiquer une condition de survitesse conformément à l'invention.

La figure 8 est un organigramme illustrant des exemples d'étapes permettant d'indiquer une condition de surcharge de pneumatique ou de train d'atterrissage conformément à l'invention.

La figure 9 est un organigramme illustrant des exemples d'étapes permettant d'indiquer une condition d'atterrissage brutal conformément à l'invention.

La figure 10 est un exemple de graphique représentant des variations de charge simulées lors de l'atterrissage d'un aéronef.

Les principes de l'invention sont décrits ci-après en référence aux dessins. Se référant tout d'abord à la figure 1, celle-ci représente deux aéronefs 10 et 14 en approche d'une piste d'atterrissage sous différents angles. Comme illustré, l'aéronef 10 est en approche sous un angle et à une vitesse de descente normaux, et va se poser sans que les pneumatiques et/ou les trains d'atterrissage 12 ne subissent des conditions de surcharge quelconques. Cela peut être considéré comme un atterrissage normal. Cependant, l'aéronef 14, du fait de son angle de descente élevé (ou de sa vitesse de descente et/ou de sa vitesse d'atterrissage élevée), va subir un atterrissage brutal et les pneumatiques et/ou les trains d'atterrissage 12 peuvent éventuellement être exposés à des charges et/ou à des vitesses qui sont supérieures aux spécifications recommandées.

Un système, un appareil et un procédé conformes à l'invention permettent de détecter automatiquement une condition de surcharge des pneumatiques et/ou des trains d'atterrissage 12 de l'aéronef. Une condition de surcharge se produit lorsque les pneumatiques et/ou les trains d'atterrissage 12 ont subi une charge et/ou une vitesse qui sont supérieures à des spécifications recommandées. Conformément à la présente invention, des paramètres de l'aéronef sont surveillés et lorsque ces paramètres ont dépassé des seuils spécifiés à l'avance, une notification est envoyée à l'équipage de vol et/ou au personnel de maintenance selon laquelle des composants particuliers nécessitent une inspection et/ou une maintenance. Cela permet de minimiser les inspections inutiles liées à des erreurs

d'interprétation des pilotes, d'effectuer des économies de coûts de maintenance et de minimiser le temps d'immobilisation de l'aéronef. De plus, les atterrissages brutaux ou les survitesses non perçus pendant l'atterrissage et/ou le décollage sont détectés automatiquement, cela garantissant une inspection des composants et améliorant la sécurité de l'aéronef.

Le système, l'appareil et le procédé de l'invention reçoivent des données représentatives d'au moins une charge imposée à un pneumatique ou une vitesse angulaire du pneumatique. Les données reçues sont ensuite comparées à un ou plusieurs seuils spécifiés à l'avance et, sur la base de la comparaison, une sortie est délivrée, indiquant si oui ou non une maintenance est nécessaire sur un ou plusieurs pneumatiques et/ou sur des trains d'atterrissage correspondant au(x) pneumatique(s). Le système, l'appareil et le procédé de l'invention peuvent être configurés pour délivrer une sortie qui correspond par exemple à au moins une condition de survitesse d'un pneumatique, une condition de surcharge d'un pneumatique ou une condition de surcharge d'un train d'atterrissage.

Se référant à la figure 2, celle-ci représente un schéma de principe d'un exemple de système 18 de contrôle de freinage conforme à l'invention. Le système 18 comprend un dispositif de contrôle de freinage 26 destiné à commander le fonctionnement global du système de freinage. Le dispositif de contrôle de freinage est de façon générale un dispositif de contrôle de freinage classique, à l'exception des fonctions de surveillance destinées à la maintenance de l'invention. Le dispositif de contrôle de freinage 26

comprend un microprocesseur 26a, une mémoire morte (ROM) 26b, une mémoire vive (RAM) 26c, et un module d'entrée/sortie 26d, qui sont chacun reliés par voie de communication à un bus système 26e ou autre. Un programme de maintenance conforme à l'invention peut résider dans la ROM 26b et peut être exécuté par le microprocesseur 26a de façon à mettre en œuvre une fonction de surveillance destinée à la maintenance conformément à l'invention. Bien que la fonction de surveillance destinée à la maintenance soit de préférence mise en œuvre dans le dispositif de contrôle de freinage, elle peut être mise en œuvre séparément du dispositif de contrôle. De plus, la fonction de surveillance destinée à la maintenance peut être mise en œuvre sous une forme entièrement logicielle ou matérielle ou sous la forme d'une combinaison de celles-ci. D'autres détails concernant la fonction de maintenance sont décrits ci-après en référence aux figures 3 et 4.

Un dispositif de sortie 28, tel qu'un témoin lumineux, un panneau annonciateur ou autre, peut être placé dans le poste de pilotage de l'aéronef, le compartiment d'avionique, etc., de façon à fournir des informations indiquant si oui ou non une maintenance est exigée sur les pneumatiques et/ou les trains d'atterrissage. Bien qu'un seul dispositif de sortie 28 soit illustré, il peut, si cela est souhaitable, y avoir de multiples dispositifs de sortie 28 dans l'ensemble de l'aéronef.

Un capteur de vitesse de roue 22 est fonctionnellement relié à une entrée du dispositif de contrôle de freinage 26. Le capteur de vitesse de roue 22 est configuré pour fournir des données représentatives d'une vitesse d'un

pneumatique 20 correspondant sur le train d'atterrissage 12. Le capteur de vitesse de roue peut être un codeur, un tachymètre à courant alternatif ou continu, un résolveur, un capteur à effet Hall, ou tout autre dispositif pouvant être utilisé pour mesurer une variation de position relative en fonction du temps. Il est préférable que le capteur de vitesse de roue 22 soit situé sur le train d'atterrissage et soit fonctionnellement relié à la roue tournante 20.

Un accéléromètre 24 peut également être fonctionnellement relié à une entrée du dispositif de contrôle de freinage 26, l'accéléromètre 24 étant configuré pour fournir des données représentatives d'une accélération de l'aéronef. Il est préférable que l'accéléromètre soit un accéléromètre à trois axes pouvant détecter l'accélération suivant les axes x, y et z, et qu'il soit par exemple un accéléromètre à base de microsystèmes électromécaniques (MEMS pour MicroElectroMechanical Systems). De tels accéléromètres sont connus de la technique et ne seront donc pas décrits ici en détail. Il est préférable que l'accéléromètre 24 soit placé sur chaque train d'atterrissage (par exemple sur un ou plusieurs freins), bien qu'il puisse être placé à l'intérieur de l'aéronef (par exemple dans les logements de trains d'atterrissage) et/ou dans l'unité de commande de freinage, afin de fournir des données d'accélération supplémentaires. Bien qu'un seul capteur de vitesse de roue 22 et qu'un seul accéléromètre 24 soient illustrés sur la figure 2, il est à noter que le dispositif de contrôle 26 peut recevoir des données en provenance de multiples capteurs de vitesse de roues et de multiples accéléromètres.

Le signal fourni par le capteur de vitesse de roue 22 et par l'accéléromètre 24 peut être un signal analogique (par exemple un signal continu de 0-5 V ou un signal de 4-20 mA), ou bien un signal numérique transmis par l'intermédiaire d'un bus de communication. Les données provenant des capteurs de vitesse de roue 22 et des accéléromètres 24 peuvent être directement fournies au dispositif de contrôle de freinage 26, ou bien un dispositif intermédiaire tel qu'un concentrateur de données peut être utilisé pour fournir les données au dispositif de contrôle de freinage 26.

Se référant à présent à la figure 3, celle-ci représente un exemple de graphique illustrant des données de vitesse de roue, la vitesse de roue angulaire étant représentée en fonction du temps (la vitesse de roue est une mesure de très grande précision dans le système de commande de freinage). Des vitesses de pneumatiques gauches 30a et des vitesses de pneumatiques droits 32a sont chacune représentées par deux courbes. La façon dont les pneumatiques gauches 30 et les pneumatiques droits 32 se posent au sol, comme illustré sur la figure 3, est représentée par la vitesse verticale et l'angle de roulis de l'aéronef.

Comme illustré sur la figure 3, les vitesses angulaires des pneumatiques gauches 30 et des pneumatiques droits 32 sont à zéro avant le toucher des roues. Dans cet exemple, lorsque l'aéronef entre en contact avec le sol, les pneumatiques gauches 30 entrent en contact avec le sol avant les pneumatiques droits 32 et absorbent donc une plus forte charge. Cela conduit à une plus forte compression des pneumatiques gauches (leurs

diamètres diminuent) que les pneumatiques droits et par conséquent, les vitesses angulaires des pneumatiques gauches 30 sont supérieures aux vitesses angulaires des pneumatiques droits 32. Les vitesses maximales atteintes par les pneumatiques gauches 30 sont représentées en 34 et en 36, tandis que les vitesses maximales atteintes par les pneumatiques droits 32 sont représentées en 38 et en 40. Après le toucher des roues, les vitesses 30a et 32a des pneumatiques gauches et droits 30 et 32 diminuent progressivement jusqu'à ce que l'aéronef atteigne un état de roulement régulier en 42. L'état de roulement régulier 42 correspond au fait que les pneumatiques se sont stabilisés à un diamètre de régime stable et que tous les pneumatiques tournent approximativement à la même vitesse angulaire. D'autres événements représentés par le graphique comprennent le rayon de roulement sans freinage 44 et le rayon de roulement avec freinage 46, qui sont représentatifs du roulis de l'aéronef lors du toucher des roues. Le rayon de roulement sans freinage 44 fournit un rayon de roulement plus précis que le rayon de roulement avec freinage 46 en raison du fait que le freinage peut modifier le rayon de roulement des pneumatiques. Ces représentations reposent sur l'hypothèse que la pression des pneumatiques est correcte (les pneumatiques d'aéronef sont soumis à une maintenance de haut niveau).

Comme cela est connu de la technique, les pneumatiques d'aéronef ont une vitesse maximale nominale. Si la vitesse maximale nominale a été dépassée, l'intégrité physique des pneumatiques peut être compromise. De plus, les pneumatiques et les trains d'atterrissage de l'aéronef ont une

charge maximale nominale. Le dépassement de la charge maximale nominale peut également compromettre l'intégrité des pneumatiques et/ou des trains d'atterrissage. Il est donc souhaitable de déterminer si les pneumatiques ont dépassé leur vitesse maximale nominale et/ou si les pneumatiques et les trains d'atterrissage ont dépassé leur charge maximale nominale.

Pour déterminer automatiquement si les pneumatiques ont dépassé la vitesse maximale nominale, le dispositif de contrôle 26 surveille la vitesse angulaire des pneumatiques (au moyen du capteur de vitesse de roue 22) pendant le décollage, l'atterrissage et le roulement au sol et compare la vitesse angulaire à un seuil de vitesse correspondant spécifié à l'avance. Il est préférable que les données provenant des capteurs de vitesses de roues soient filtrées avant la comparaison pour minimiser la probabilité que du bruit affecte les données de vitesses de roues. Si les données de vitesses de roues dépassent le seuil de vitesse, la sortie 28 est alors activée.

Le seuil de vitesse peut être un seuil de survenue unique, ou peut être constitué de multiples seuils qui représentent des niveaux de gravité différents, par exemple une survitesse de premier niveau (comme une survitesse de moins de 1 % de la vitesse maximale nominale, qui peut être appelée survitesse de faible niveau), une survitesse de second niveau (par exemple une survitesse supérieure à 10 % de la vitesse maximale nominale, qui peut être appelée survitesse de haut niveau), etc. Sur la base de la comparaison de la vitesse angulaire des pneumatiques aux seuils de vitesse,

le dispositif de contrôle 26 peut conclure qu'une condition de survitesse d'un pneumatique s'est ou non produite, et peut également déterminer la gravité de la survitesse. De plus, le dispositif de contrôle 26 peut conclure que bien que la vitesse angulaire du pneumatique ait dépassé le seuil de vitesse, la vitesse n'était pas suffisamment élevée pour exiger une inspection immédiate (par exemple une survitesse de faible niveau), cela permettant à l'aéronef de rester en service. Cependant, si de multiples conditions de survitesse de "faible niveau" ont été détectées, le dispositif de contrôle 26 peut alors indiquer qu'une maintenance est exigée. Si la vitesse angulaire de chaque pneumatique n'a pas dépassé le seuil de vitesse, il n'est alors pas nécessaire de fournir une indication.

Une autre détermination de survitesse peut être effectuée en calculant, au cours de la vie de chaque pneumatique, le temps total pendant lequel le pneumatique a été en état de survitesse. A titre d'exemple, l'intégration de la valeur de la survitesse du pneumatique (par exemple en radians par seconde) en fonction du temps ("remplacement" représentant l'instant où il est nécessaire de remplacer les pneumatiques et "neuf" indiquant l'instant où les pneumatiques sont neufs), comme le montre l'équation 1, fournit la somme des états de survitesse en fonction du temps. Lorsque cette valeur dépasse un seuil correspondant, une indication peut être délivrée selon laquelle le pneumatique nécessite un entretien ou une inspection. Pour garantir une représentation précise du temps cumulé pendant lequel le pneumatique est dans un état de survitesse, l'intégrateur

est réinitialisé lorsqu'un pneumatique neuf est installé sur le véhicule.

$$\int_{NEUF}^{REMPLACEMENT} OS\, dt \qquad \text{Equation 1}$$

où OS est la vitesse de la roue en dépassement du seuil de survitesse.

De même, l'intégration de la valeur de la survitesse du pneumatique (par exemple en radians par seconde) en fonction de la distance, comme le montre l'équation 2, fournit la somme des conditions de survitesse en fonction de la distance. Lorsque cette valeur dépasse un seuil correspondant, une indication peut être délivrée selon laquelle le pneumatique nécessite un entretien ou une inspection.

$$\int_{NEUF}^{REMPLACEMENT} OS\, d\theta \qquad \text{Equation 2}$$

où OS est la vitesse de la roue en dépassement du seuil de survitesse.

En plus de surveiller la survitesse des pneumatiques, le dispositif de contrôle 26 de la présente invention peut également surveiller les conditions de surcharge des pneumatiques et/ou des trains d'atterrissage. Pour déterminer si une condition de surcharge d'un pneumatique ou d'un train d'atterrissage s'est produite, le dispositif de contrôle 26 est configuré pour déterminer la charge imposée au pneumatique et/ou au train d'atterrissage et pour comparer la charge déterminée à un seuil de charge correspondant spécifié à l'avance.

Pour déterminer la charge imposée au pneumatique et/ou au train

d'atterrissage, le dispositif de contrôle 26 peut être configuré pour déterminer une première vitesse angulaire du pneumatique (par exemple un pic de vitesse) pendant une première période de temps après le toucher des roues de l'aéronef, et une seconde vitesse angulaire (par exemple une vitesse stabilisée) de ce même pneumatique au cours d'une seconde période de temps après le toucher des roues de l'aéronef, la seconde période de temps se produisant après la première période de temps. Il est préférable que la première période de temps soit de moins d'une à deux secondes après que la référence air-sol a été détectée (celle-ci étant par exemple détectée par le capteur de référence air-sol 29), et la seconde période de temps est comprise entre deux et cinq secondes après détection d'une référence air-sol. Le dispositif de contrôle 26 est alors configuré pour calculer un rayon du pneumatique pendant la première période de temps sur la base de la première vitesse angulaire (pic), de la seconde vitesse angulaire et du diamètre connu d'un pneumatique normalement chargé. Cela est effectué au moyen d'une équation permettant de déduire le rayon du pneumatique pendant la première période de temps. L'équation est définie en utilisant le rayon connu du pneumatique à l'état stabilisé et les première et seconde vitesses angulaires. A titre d'exemple, en utilisant l'équation d1v1=d2v2, où d2 est égal à 50 pouces (127 cm) (le pneumatique a un diamètre stabilisé de 127 cm), où v1 a une valeur de 110 radians/seconde (vitesse angulaire au moment du toucher) et v2 est de 100 radians/seconde (vitesse angulaire au bout d'un temps prédéterminé après le toucher des roues lorsque le diamètre

du pneumatique s'est stabilisé), on peut résoudre l'équation en di pour obtenir un diamètre de pneumatique minimal au toucher des roues de 45,45 pouces (115,44 cm).

La variation du diamètre de pneumatique peut être exprimée sous la forme de la déformation du pneumatique. Sur la base du diamètre de pneumatique calculé et du diamètre connu du pneumatique sur l'aéronef dans les conditions normales, la déformation du pneumatique peut être déterminée en calculant la différence entre les deux diamètres, par exemple en soustrayant les diamètres l'un à l'autre, la différence représentant la déformation du pneumatique. Dans l'exemple ci-dessus, si l'on soustrait 45,45 à 50, on obtient une déformation de 4,55 pouces (11,55 cm). Le dispositif de contrôle 26 est configuré de façon à utiliser la déformation déterminée en association avec une courbe de déformation en fonction de la charge correspondant au pneumatique afin de déterminer approximativement la charge imposée au pneumatique au moment de l'atterrissage. L'approximation est effectuée en sélectionnant la courbe voulue (courbes A-I) sur la figure 4, ces courbes étant des courbes de déformation en fonction de la charge correspondant au pneumatique de l'aéronef et pouvant être stockées dans une mémoire de la BSCU. La déformation du pneumatique en pouces est représentée sur l'axe y du graphique, et la charge en KIPS (1 KIP représente 1000 livres-force, soit 453,59 kg force) est représentée sur l'axe x du graphique. Chaque courbe du graphique représente une pression de pneumatique différente. Si des pneumatiques différents sont utilisés, chaque

pneumatique ayant des courbes de déformation différentes, il serait nécessaire d'informer le système du type de pneumatique présent sur l'aéronef pour effectuer les déterminations.

Après avoir déterminé la courbe appropriée sur le graphique (par exemple sur la base d'une pression de pneumatique connue ou estimée) et en s'intéressant à la déformation déterminée sur cette courbe, on peut déterminer une charge correspondante sur le pneumatique. Si l'on utilise par exemple la courbe A, la charge serait d'environ 2,8 KIPS. Si des données du système indicateur de pression des pneumatiques sont disponibles, des données de pression de pneumatiques plus précises seraient disponibles, ce qui permettrait d'effectuer des déterminations plus précises de la déformation en fonction de la charge. De plus, pour améliorer la fidélité de la pression des pneumatiques, il est possible d'utiliser des données de température provenant du Système de Surveillance de la Température des Freins (BTMS pour Brake Temperature Monitoring System). Des capteurs de température peuvent être placés à l'intérieur de chaque frein, à bord de l'aéronef et à l'intérieur de la cellule. En fonction des conditions ambiantes, il est possible d'estimer les différences entre les pressions des pneumatiques et il est possible d'augmenter les précisions de l'estimation en fonction des orientations et des historiques de fonctionnement connus des freins. A titre d'exemple, on sait quand de la chaleur s'accumule du fait du freinage et quand un aéronef a été inactif ou en vol sans freinage, et ces informations connues peuvent être utilisées pour créer des courbes de températures de

BTMS. Sur la base des courbes de températures de BTMS et de conditions ambiantes rudimentaires, il est possible de déterminer la variation de la pression des pneumatiques, ce qui permet d'augmenter la fidélité du calcul de déformation des pneumatiques. Si la pente de la courbe de température du BTMS est faible, il est possible de faire l'hypothèse que les freins, les roues et les pneumatiques sont à des températures pratiquement égales. En utilisant la déformation connue des pneumatiques lors du déplacement au sol et du roulement de décollage, il est possible d'évaluer la déformation du pneumatique en un point fixe. L'utilisation d'une charge d'atterrissage déduite peut augmenter encore la fidélité de la déformation du pneumatique.

Une fois que la charge a été déterminée, le dispositif de contrôle 26 compare la charge déterminée imposée au pneumatique au seuil de charge et si la charge imposée au pneumatique dépasse le seuil de charge, il en conclut qu'une condition de surcharge s'est produite sur le pneumatique et/ou le train d'atterrissage correspondant au pneumatique. A titre d'exemple, si le seuil est de 2 KIPS, une charge de 2,8 KIPS dépasserait alors ce seuil et une indication du fait que le pneumatique nécessite une inspection, soit mis du service, etc., est délivrée. La déformation se produisant sur la courbe de charge peut être stockée dans la mémoire 26b du dispositif de contrôle 26 et être extraite lorsque cela s'avère nécessaire.

Une autre détermination de la surcharge peut être effectuée en calculant l'effet cumulé de la charge sur chaque pneumatique au cours de la vie du pneumatique. A titre d'exemple, l'intégration de la valeur de la

surcharge du pneumatique (par exemple en livres) en fonction du temps, comme le montre l'équation 3, au cours de la vie du pneumatique ("remplacement" représentant l'instant où le pneumatique doit être remplacé et "neuf" représentant l'instant où le pneumatique est neuf) fournit la somme des conditions de surcharge en fonction du temps. Lorsque cette valeur dépasse un seuil correspondant, une indication peut être délivrée selon laquelle le pneumatique nécessite un entretien ou une inspection. Ici encore, l'intégrateur devrait être réinitialisé lors du remplacement d'un pneumatique pour faire en sorte que les données provenant d'un pneumatique précédent ne soient pas prises en compte pour le pneumatique neuf.

$$\int_{NEUF}^{REMPLACEMENT} OL\, dt \qquad \text{Equation 3}$$

où OL est la charge s'exerçant sur le pneumatique en dépassement du seuil de surcharge.

De même, l'intégration de la valeur de surcharge du pneumatique (par exemple en livres) en fonction de la distance, comme le montre l'équation 4, au cours de la vie du pneumatique, fournit la somme des conditions de surcharge en fonction de la distance. Lorsque cette valeur dépasse un seuil correspondant, une indication peut être délivrée selon laquelle le pneumatique nécessite un entretien ou une inspection.

$$\int_{NEUF}^{REMPLACEMENT} OL\, d\theta \qquad \text{Equation 4}$$

où OL est la charge s'exerçant sur le pneumatique en dépassement du seuil de surcharge.

Bien que ce qui précède concerne la détermination de la charge

imposée à un pneumatique, une procédure du même type peut être mise en œuvre pour déterminer une charge imposée au train d'atterrissage. A titre d'exemple, pour déterminer la charge imposée au train d'atterrissage, on détermine tout d'abord la charge imposée à chaque pneumatique du train d'atterrissage puis on estime la totalité de la charge imposée au train d'atterrissage sur la base des charges des pneumatiques déterminées pour ce train d'atterrissage.

La condition de surcharge d'un pneumatique ou du train d'atterrissage peut indiquer que l'aéronef a touché le sol avec une force telle qu'il est nécessaire de mettre l'aéronef hors service immédiatement. En variante, la condition de surcharge d'un pneumatique ou d'un train d'atterrissage peut indiquer que malgré le fait que la charge ait dépassé le seuil de charge, la charge n'était pas suffisamment élevée pour nécessiter une inspection ou une mise hors service immédiate de l'aéronef, etc. (par exemple lorsque la condition de surcharge se situait à l'intérieur d'une gamme spécifiée à l'avance, par exemple de 1 % de la charge maximale nominale). Cette condition peut être consignée, mais une notification de maintenance peut être retardée d'une durée spécifiée à l'avance. A l'expiration de la période de temps, ou lorsqu'il se produit une autre surcharge, la sortie 28 peut être fournie pour indiquer qu'une maintenance est nécessaire. Si la charge imposée au pneumatique ou au train d'atterrissage n'a pas dépassé le seuil de charge, il n'est alors pas nécessaire de fournir une indication quelconque. Par ailleurs, comme pour le seuil de vitesse décrit précédemment, il peut y

avoir de multiples niveaux de seuils de charge, correspondant chacun à un niveau de surcharge différent.

Au lieu de fonder les conditions de surcharge sur la vitesse de roue mesurée, il est possible de déterminer un atterrissage brutal ou dur sur la base de données provenant de l'accéléromètre 24. A cet égard, le dispositif de contrôle 26 peut être configuré pour déterminer une vitesse de descente verticale de l'aéronef au poser des roues, et/ou la variation de la vitesse de descente verticale au poser des roues. Le dispositif de contrôle 26 peut alors comparer la vitesse de descente verticale et/ou la variation de la vitesse de descente verticale déterminée à un seuil de descente et/ou à un seuil de vitesse de variation de descente spécifié à l'avance. Si la vitesse de descente verticale ou si la variation de la vitesse de descente verticale de l'aéronef dépasse les seuils de descente respectifs, le dispositif de contrôle 26 peut en conclure qu'une condition d'atterrissage brutal s'est produite pour les pneumatiques et/ou les trains d'atterrissage correspondant à l'accéléromètre particulier. Une indication peut être délivrée selon laquelle l'aéronef doit immédiatement être inspecté, mis hors service, etc. (atterrissage très brutal pour lequel le seuil de descente spécifié à l'avance est dépassé d'un certain pourcentage) ou lors de l'atterrissage brutal suivant (par exemple un atterrissage modérément brutal pour lequel la vitesse de descente verticale et/ou la variation de la vitesse de descente verticale sont égales ou approximativement égales aux seuils de descente). Si la vitesse de descente verticale et/ou si la variation de la vitesse de descente verticale

ne dépassent pas les seuils de descente respectifs, il n'est alors pas nécessaire de fournir une indication. De plus, les informations provenant des accéléromètres doivent être comparées pour déterminer les forces g subies par l'aéronef et la façon dont les forces g ont été transmises à diverses parties de l'aéronef (comme le train d'atterrissage), et ces informations pourraient être délivrées en sortie.

En variante, la charge imposée au train d'atterrissage peut être déterminée à l'aide d'un accéléromètre présent sur ou dans la BSCU et d'un accéléromètre placé sur un ou plusieurs freins. Plus précisément, la différence de charge vue par le frein par rapport à la charge vue à l'emplacement de la BSCU peut être absorbée par le train d'atterrissage. De ce fait, en déterminant la différence entre les données détectées par l'accéléromètre placé sur le frein et par l'accéléromètre placé sur la BSCU, il est possible d'en déduire la charge imposée au train d'atterrissage.

Une autre manière de déterminer la survenue de conditions de surcharge potentielles consiste à utiliser un modèle du train d'atterrissage sur l'aéronef. De tels modèles peuvent être créés en utilisant la géométrie connue d'un train d'atterrissage et des conditions d'atterrissage maximales pouvant être subies par le train d'atterrissage. A partir du modèle du train d'atterrissage, les accélérations et les charges imposées au train d'atterrissage sont estimées. A titre d'exemple, à l'aide d'informations telles que l'angle de roulis de l'aéronef, les forces imposées au train d'atterrissage peuvent être estimées sur la base de la charge, de l'amplitude et de l'angle

des forces, etc., ou bien les forces de traînée dues au freinage pourraient être estimées. De plus, à l'aide d'informations connues, par exemple celles que l'on a lorsqu'un aéronef touche le sol et le fait qu'un pneumatique se déforme lors de l'atterrissage, il est possible d'estimer la vitesse d'enfoncement. Mieux encore, le fait de savoir l'instant où l'autre train d'atterrissage touche le sol permet de déterminer la différence de temps entre les touchers des trains d'atterrissage.

De plus, en utilisant la force de compression, la force de rappel étant égale à K, un modèle simple de l'angle transversal de toucher d'un train d'atterrissage peut être déterminé. Si cet angle est trop grand, il est possible de déterminer une surcharge de force latérale, et l'angle peut être vérifié en analysant les instants de toucher et les déformations des pneumatiques entre deux pneumatiques se trouvant sur le même train d'atterrissage. Par ailleurs, en utilisant des limites acceptables spécifiées à l'avance de la charge et de l'angle, on peut déterminer quels composants du train d'atterrissage reçoivent une charge trop élevée. A titre d'exemple, si l'aéronef atterrit avec un angle de 30 degrés sur un train d'atterrissage, la limite de surcharge peut être très inférieure à la limite de surcharge observée lorsque l'aéronef ne présente aucun roulis. Si l'aéronef a subi une condition de surcharge liée à des charges d'angle arrière ou sur des charges de roulis, une indication peut être délivrée selon laquelle le train d'atterrissage nécessite un entretien ou une inspection.

Il est également possible de déterminer un événement d'atterrissage

brutal pour le train d'atterrissage en calculant l'effet cumulé des atterrissages brutaux sur les trains d'atterrissage au cours de la vie des trains d'atterrissage. A titre d'exemple, l'intégration de la valeur de la surcharge du pneumatique (par exemple en livres) en fonction du temps, comme le montre l'équation 5, au cours de la vie du train d'atterrissage ("révision" indiquant l'instant où il est nécessaire de réviser les trains d'atterrissage et "NEUF" indiquant l'instant où les trains d'atterrissage sont neufs) fournit la somme des conditions de surcharge en fonction du temps. Dans cet exemple, l'intégrale correspond à un aéronef à quatre roues (deux roues sur chaque train d'atterrissage), la surcharge accumulée étant représentée pour le train d'atterrissage gauche. Lorsque cette valeur dépasse un seuil correspondant, une indication peut être délivrée selon laquelle le train d'atterrissage nécessite un entretien ou une inspection. Pour effectuer cette détermination, l'intégrateur pourrait être réinitialisé lorsque de nouveaux trains d'atterrissage sont installés ou après une intervention sur les trains d'atterrissage.

$$\int_{NEUF}^{RÉVISION} OL\, dt \qquad \text{Equation 5}$$

où OL est la charge combinée s'exerçant les freins intérieurs et extérieurs du train d'atterrissage en dépassement du seuil de surcharge.

De même, l'intégration de la valeur de la surcharge du train d'atterrissage (par exemple en livres) en fonction de la distance, comme le montre l'équation 6, au cours de la vie du train d'atterrissage, fournit la somme des conditions de surcharge en fonction de la distance. Lorsque

cette valeur dépasse un seuil correspondant, une indication peut être délivrée selon laquelle le train d'atterrissage nécessite un entretien ou une inspection.

$$\int_{NEUF}^{RÉVISION} OL \, d\theta \qquad \text{Equation 6}$$

où OL est la charge combinée s'exerçant sur les freins intérieurs et extérieurs du train d'atterrissage en dépassement du seuil de surcharge.

En outre, l'intégration de l'accélération (en g) lorsque le train d'atterrissage a dépassé la valeur de seuil en fonction du temps, comme le montre l'équation 7, au cours de la vie du train d'atterrissage, fournit la somme des accélérations lors d'un dépassement du seuil en fonction du temps. Lorsque cette valeur dépasse un seuil correspondant, une indication peut être délivrée selon laquelle les pneumatiques nécessitent un entretien ou une inspection.

$$\int_{NEUF}^{RÉVISION} OA \, dt \qquad \text{Equation 7}$$

où OA est égal à 1/2 de la force combinée s'exerçant sur les freins intérieurs et extérieurs du train d'atterrissage lors d'un dépassement du seuil d'accélération.

L'intégration de l'accélération (en g) en fonction de la distance, comme le montre l'équation 8, au cours de la vie du train d'atterrissage, fournit la somme des accélérations lors d'un dépassement du seuil en fonction de la distance. Lorsque cette valeur dépasse un seuil correspondant, une indication peut être délivrée selon laquelle le train d'atterrissage nécessite un entretien ou une inspection.

$$\int_{NEUF}^{RÉVISION} OA \, d\theta \qquad \text{Equation 8}$$

où OA est la moitié de la force combinée s'exerçant sur les freins intérieurs et extérieurs du train d'atterrissage en dépassement du seuil d'accélération.

L'intégration de l'accélération (en g) du train d'atterrissage en fonction du temps, comme le montre l'équation 9, au cours de la vie du train d'atterrissage, en utilisant le choc subi par les trains d'atterrissage comme valeur de seuil, fournit la somme des forces en dépassement du seuil, s'exerçant sur le train d'atterrissage en fonction du temps. Lorsque cette valeur dépasse un seuil correspondant, une indication peut être délivrée selon laquelle le train d'atterrissage nécessite un entretien ou une inspection.

$$\int_{NEUF}^{RÉVISION} OA \, dt \qquad \text{Equation 9}$$

où OA est la force s'exerçant sur le train d'atterrissage en dépassement du seuil de choc.

L'intégration de l'accélération (en g) du train d'atterrissage en fonction de la distance, comme le montre l'équation 10, au cours de la vie du train d'atterrissage, en utilisant le choc subi par les trains d'atterrissage comme valeur de seuil, fournit la somme des forces s'exerçant, en dépassement du seuil, sur le train d'atterrissage en fonction de la distance.

Lorsque cette valeur dépasse un seuil correspondant, une indication peut être délivrée selon laquelle le train d'atterrissage nécessite un entretien ou une inspection.

$$\int_{NEUF}^{RÉVISION} OA \, d\theta \qquad \text{Equation 10}$$

où OA est la force s'exerçant sur le train d'atterrissage en dépassement du seuil de choc.

En plus de la détection d'une survitesse et d'une surcharge, il est également possible de déterminer la vitesse d'enfoncement de l'aéronef (pieds/seconde) au toucher des roues. Comme mentionné ci-dessus à propos de la figure 1, celle-ci représente deux aéronefs 10 et 14 en approche d'une piste sous différents angles. L'aéronef 10 touche le sol en subissant une vitesse d'enfoncement normale tandis que l'aéronef 14 touche le sol en subissant une vitesse d'enfoncement irrégulière et plus rapide. De façon générale, plus la vitesse d'enfoncement de l'aéronef est grande, plus il est probable que l'aéronef subira un atterrissage brutal et nécessitera une inspection. Le dispositif de contrôle 26 peut être configuré de façon à calculer la vitesse d'enfoncement à l'atterrissage en fonction des mesures provenant de l'accéléromètre et peut être configuré pour tenir compte de paramètres tels que la température de l'air, la direction du vent, la vitesse du vent, etc.

Le dispositif de contrôle 26 peut également être configuré pour déterminer l'état de la piste lors du toucher des roues de l'aéronef en utilisant la montée en vitesse des roues. Plus précisément, connaissant l'inertie de la roue, du pneumatique et/ou du frein et en mesurant le taux de montée en vitesse des roues, le dispositif de contrôle 26 peut déterminer un coefficient de frottement de la piste, à partir duquel ce dispositif de contrôle 26 peut déterminer l'état de la piste. Cela permettra d'effectuer par exemple une

différenciation entre un atterrissage brutal sur une piste verglacée et un atterrissage en toute sécurité sur une piste sèche. Ces informations peuvent également être envoyées à et utilisées par d'autres aéronefs ou être utilisées comme données de base concernant la piste.

Se référant à présent aux figures 5 et 6, celles-ci représentent des exemples de graphiques illustrant la variation de vitesse due à des méplats. La figure 5 illustre un aéronef en accélération constante pour lequel la vitesse de roue indique un méplat du pneumatique et la figure 6 illustre un aéronef à vitesse constante pour lequel la vitesse de roue indique un méplat de pneumatique. Les méplats de pneumatiques peuvent provoquer une variation du rayon du pneumatique à chaque tour effectué par la roue, provoquant un saut de vitesse du pneumatique lorsque le pneumatique roule sur le méplat. Le dispositif de contrôle peut effectuer une surveillance pour détecter ces pneumatiques non circulaires, c'est-à-dire des pneumatiques présentant un méplat, des pneumatiques présentant une hernie, etc., en contrôlant les variations de vitesse pouvant se produire une fois par tour de roue, puis peut délivrer au poste de pilotage, au compartiment d'avionique, à un terminal de maintenance, etc., une indication selon laquelle le pneumatique n'est pas rond.

Se référant à présent aux figures 7 à 9, celles-ci fournissent des organigrammes 100, 112, 130 et 142 illustrant des exemples de procédés permettant de mettre en œuvre une détection de survitesse et de surcharge conformément à l'invention. Les organigrammes comprennent un certain

nombre de blocs de traitement organisés dans un ordre particulier. Il est à noter que de nombreuses variantes et formes équivalentes aux étapes illustrées peuvent exister et que ces variantes et formes équivalentes doivent être considérées comme étant dans le cadre des revendications annexées au présent fascicule. Des variantes peuvent consister à mettre en œuvre des étapes ou des actions supplémentaires non spécifiquement mentionnées et/ou illustrées, à exécuter des étapes ou des actions dans un ordre différent de celui indiqué et/ou illustré, et/ou à omettre des étapes citées et/ou représentées. Certaines variantes consistent également à mettre en œuvre des étapes ou des actions simultanément ou de façon partiellement simultanée.

Se référant tout d'abord à la figure 7, celle-ci représente des exemples d'étapes permettant de déterminer une condition de survitesse d'un pneumatique. A partir du bloc 102, on détermine la vitesse angulaire d'au moins un pneumatique. La vitesse angulaire peut être déterminée en utilisant par exemple le capteur de vitesse de roue 22 qui fournit les données au dispositif de contrôle 26, comme illustré sur la figure 2. Après cela, au bloc 104, la vitesse angulaire déterminée dudit au moins un pneumatique est ensuite comparée à un seuil correspondant spécifié à l'avance. Dans ce cas, le seuil est un seuil de vitesse et peut avoir pour base les limites de fonctionnement connues du pneumatique.

Après cela, au bloc 106, il est ensuite vérifié si la vitesse angulaire du pneumatique dépasse le seuil spécifié à l'avance. Si la vitesse angulaire du

pneumatique ne dépasse pas le seuil spécifié à l'avance, alors, au bloc 110, une indication selon laquelle ledit au moins un pneumatique n'a pas subi de condition de survitesse, peut être délivrée au poste de pilotage, à l'avionique, au système de maintenance, etc. Cependant, si la vitesse angulaire déterminée dudit au moins un pneumatique dépasse le seuil spécifié à l'avance, il en est alors conclu qu'il s'est produit une condition de survitesse et une indication selon laquelle ledit au moins un pneumatique nécessite une inspection, une mise hors service, etc., peut être délivrée au niveau du bloc 108, au poste de pilotage, à l'avionique, au système de maintenance, etc. De plus, au bloc 108, il serait possible de calculer la somme des conditions de surcharge en fonction de la distance ou du temps, et de délivrer une indication lorsque la valeur totalisée dépasse un seuil correspondant.

S'intéressant à présent à la figure 8, celle-ci représente des exemples d'étapes permettant de déterminer une condition de surcharge d'un pneumatique ou d'un train d'atterrissage. A partir d'un bloc 114, on détermine une première vitesse angulaire d'au moins un pneumatique pendant une première période de temps après le toucher des roues de l'aéronef (le toucher des roues peut par exemple être déterminé à l'aide du capteur de référence air-sol 29). La vitesse angulaire peut par exemple être déterminée en utilisant un capteur de vitesse de roue 22, comme mentionné plus haut. Il est préférable que la première vitesse angulaire soit le pic de vitesse angulaire observé au cours d'une période de temps prédéterminée après avoir détecté la référence air-sol. Après cela, au bloc 116, une seconde

vitesse angulaire dudit au moins un pneumatique est déterminée pendant une seconde période de temps après le toucher des roues, la seconde période de temps se produisant après la première période de temps. La seconde période de temps peut par exemple être un temps pendant lequel les pneumatiques de l'aéronef se sont reposés, c'est-à-dire une période lors de laquelle le diamètre des pneumatiques est sensiblement constant.

Après cela, au bloc 118, un diamètre dudit au moins un pneumatique est calculé pendant la première période de temps sur la base de la première vitesse angulaire et de la seconde vitesse angulaire. Cela est effectué à l'aide d'une équation qui fait intervenir le diamètre connu du pneumatique à l'état stabilisé et les vitesses angulaires enregistrées pendant l'atterrissage pour en déduire le diamètre dudit au moins un pneumatique pendant la première période de temps. A titre d'exemple, si l'on utilise l'équation $d_1v_1=d_2v_2$, où d_2 a une valeur de 50 pouces (127 cm), v_1 a une valeur de 110 radians/seconde et v_2 a une valeur de 100 radians/seconde, l'équation peut être résolue en d_1 pour obtenir un diamètre de pneumatique de 45,45 pouces (115,44 cm) à l'impact. Sur la base du diamètre calculé et du diamètre connu du pneumatique présent sur l'aéronef dans des conditions normales, on peut déterminer la déformation du pneumatique. Les diamètres sont soustraits l'un à l'autre, la différence représentant la déformation du pneumatique. Dans l'exemple ci-dessus, la soustraction de 45,45 à 50 donne une déformation de 4,55 pouces (11,55 cm). Après cela, au bloc 120, la charge s'exerçant sur ledit au moins un pneumatique est ensuite déterminée

par utilisation de la déformation calculée du pneumatique obtenue à l'étape 118, et une courbe de déformation en fonction de la charge correspondant audit au moins un pneumatique peut être calculée pour déterminer une approximation de la charge imposée audit au moins un pneumatique. L'approximation est effectuée en sélectionnant la courbe voulue sur la figure 4 en fonction de la déformation déterminée puis en déterminant la charge correspondant à la déformation. A titre d'exemple, si l'on utilise la courbe A et une déformation de 4,55 pouces (11,55 cm), la charge en KIPS lors du toucher de roue est d'environ 2,8. La courbe de déformation en fonction de la charge peut être stockée dans la mémoire 26b du dispositif de contrôle 26 et être extraite lorsque cela s'avère nécessaire.

Après cela, au bloc 122, la charge dudit au moins un pneumatique est comparée à un seuil spécifié à l'avance, à savoir à un seuil de charge. Après cela, au bloc 124, il est vérifié si le seuil spécifié à l'avance pour ledit au moins un pneumatique ou train d'atterrissage a été dépassé. Si le seuil spécifié à l'avance pour ledit au moins un pneumatique ou train d'atterrissage n'a pas été dépassé, alors, au bloc 128, une indication selon laquelle ledit au moins un pneumatique ou train d'atterrissage n'a pas été exposé à une condition de surcharge peut alors être délivrée au poste de pilotage, à l'avionique, au système de maintenance, etc. Cependant, si la charge déterminée sur ledit au moins un pneumatique dépasse le seuil spécifié à l'avance, une condition de surcharge du pneumatique ou une condition de surcharge du train d'atterrissage est alors déterminée et une indication selon

laquelle ledit au moins un pneumatique nécessite/nécessitent une inspection, une mise hors service etc. peut être délivrée, au niveau du bloc 126, au poste de pilotage, à l'avionique, au dispositif de maintenance, etc. Dans l'exemple, si le seuil était de 2 KIPS, le seuil aurait alors été dépassé et une indication selon laquelle le pneumatique nécessitait une inspection, une mise hors service, etc., aurait été délivrée.

En plus de la détection d'une survitesse et d'une surcharge d'un pneumatique ou d'un train d'atterrissage, il est également possible de déterminer l'existence d'un atterrissage brutal lors du poser des roues dans le dispositif de contrôle 26 à l'aide de données provenant de l'accéléromètre 24. Se référant au bloc 144 de la figure 9, on détermine la vitesse de descente verticale (ou la variation de la vitesse de descente verticale) de l'aéronef au toucher des roues de l'aéronef. La vitesse de descente verticale peut être déterminée en utilisant par exemple l'accéléromètre 24 qui fournit les données au dispositif de contrôle 26, comme illustré sur la figure 2. Lorsque l'aéronef commence sa descente, une mesure initiale est délivrée par l'accéléromètre avant le retour à un régime stable. Lorsque l'aéronef poursuit sa descente, une variation de la vitesse de l'aéronef a pour conséquence que l'accéléromètre délivre une autre mesure. Sur la base des mesures provenant de l'accéléromètre et des instants où celles-ci ont été obtenues, il est possible de déterminer les vitesses de l'aéronef (par exemple par intégration des données de sortie de l'accéléromètre). Les vitesses peuvent ensuite être utilisées pour déterminer la vitesse de descente

verticale. Après cela, au bloc 146, la vitesse de descente verticale déterminée pour l'aéronef est comparée à un seuil correspondant spécifié à l'avance.

Le seuil est dans ce cas un seuil de vitesse et peut avoir pour base les limites de fonctionnement de l'aéronef.

Après cela, au bloc 148, il est vérifié si le seuil spécifié à l'avance pour l'aéronef a été dépassé. Si le seuil spécifié à l'avance pour l'aéronef n'a pas été dépassé, au bloc 110, une indication selon laquelle l'aéronef et ses pneumatiques et ses trains d'atterrissage n'ont pas subi d'atterrissage brutal, peut alors être délivrée au poste de pilotage, à l'avionique, au système de maintenance, etc. Cependant, si la vitesse de descente verticale déterminée pour l'aéronef au toucher des roues dépasse le seuil spécifié à l'avance, une condition d'atterrissage brutal s'est alors produite et une indication selon laquelle les pneumatiques ou le train d'atterrissage de l'aéronef nécessitent une inspection, une mise hors service, etc. peut être délivrée, au niveau du bloc 150, au poste de pilotage, à l'avionique, au système de maintenance, etc.

Se référant à présent à la figure 10, celle-ci représente un exemple de graphique illustrant des variations de charge simulées lors de l'atterrissage d'un aéronef en fonction du temps et comprenant un histogramme de l'atterrissage d'un aéronef soumis à un nombre maximum de forces g. Le graphique fournit un résumé statistique des charges subies par l'aéronef (déformation des pneumatiques), mais des graphiques semblables peuvent

être utilisés pour illustrer les vitesses de décollage des pneumatiques, les vitesses d'atterrissage, les forces s'exerçant lors d'un virage, les charges imposées au train d'atterrissage, etc. Ces graphiques peuvent représenter des maxima, des minima, des amplitudes types en fonction du temps, et un écart statistique, etc. La courbe représentée par la référence numérique 60 illustre une moyenne des charges subies par les pneumatiques, tandis que l'écart type des charges d'atterrissage représentées par *a* possède des bords d'une zone 62 qui représentent les charges maximales et minimales subies par les pneumatiques à différents instants. A titre d'exemple, si le pic du graphe représente la charge s'exerçant sur les pneumatiques à l'atterrissage, le point 64 représente la charge maximale subie et le point 66 représente la charge minimale subie pendant les atterrissages.

L'histogramme représenté par la référence numérique 68 fournit un exemple du nombre d'atterrissages présentant des niveaux variables de forces g. L'axe y représente le nombre d'atterrissages et l'axe x représente le niveau des forces g subies lors des atterrissages de l'aéronef. L'histogramme montre que les atterrissages conduisent en majorité à un niveau moyen de forces g, tandis que le niveau maximal de forces g se produit pour une minorité d'atterrissages. En même temps que la consignation du nombre d'atterrissages, les cycles de compression de sortie de trains peuvent également être consignés et comparés pour obtenir une indication de la durée de vie des trains d'atterrissage.

De plus, sur la base des déformations connues des pneumatiques et

dans des conditions de roulement simples aux températures ambiantes et à d'autres températures du BTMS, des informations de charge peuvent être fournies en entrée à divers instants (l'avionique peut fournir les accélérations de roulis, de tangage et de lacet, etc.) afin d'en déduire un historique permettant d'obtenir une estimation des atterrissages brutaux. En intégrant les données, on peut alors déterminer des informations concernant les pneumatiques et les trains d'atterrissage en cas de sortie des limites de fonctionnement.

Par conséquent, un système, un procédé et un appareil permettant d'indiquer une condition de surcharge d'un véhicule, comme décrit ici, permet de réduire de manière significative le temps mis par les personnels de maintenance pour réaliser des tests sur les pneumatiques et les trains d'atterrissage d'un aéronef. De plus, comme un temps moins important est exigé pour la maintenance, l'aéronef est disponible et peut générer des recettes.

L'homme du métier normalement compétent dans le domaine de la programmation informatique et dans les applications de la programmation à des systèmes informatiques sera en mesure d'appréhender la description fournie ici pour programmer la BSCU afin qu'elle exploite et mette en œuvre les fonctions décrites ici. Par conséquent, les détails concernant le code de programmation particulier ont été omis pour plus de concision. Par ailleurs, bien que le logiciel stocké dans la mémoire ou dans une autre forme de mémoire de la BSCU puisse être utilisé pour permettre au système de mettre

en œuvre les fonctions et les fonctionnalités décrites ici conformément au mode de réalisation préféré de l'invention, ces fonctions et fonctionnalités pourraient être mises en œuvre au moyen d'un matériel, d'un micrologiciel ou d'un logiciel spécialisé ou de combinaisons de ceux-ci, sans que l'on s'écarte du cadre de l'invention.

Des éléments de programmes informatiques de l'invention peuvent être mis en œuvre sous forme matérielle et/ou logicielle (y compris un micrologiciel, un logiciel résident, un microcode, etc.). L'invention peut prendre la forme d'un produit de programme informatique qui peut être réalisé sous la forme d'un support de stockage utilisable sur ordinateur ou lisible sur ordinateur portant des instructions de programmes utilisables sur ordinateur ou lisibles sur ordinateur, un "code" ou un "programme informatique" stocké sur le support pour être utilisé par ou en association avec le système d'exécution d'instructions. Dans le contexte du présent document, un support utilisable sur ordinateur ou lisible sur ordinateur peut être tout support pouvant contenir, stocker, communiquer, faire se propager ou transporter le programme en vue de son utilisation par ou en association avec le système, l'appareil ou le dispositif exécutant des instructions. Le support utilisable sur ordinateur ou lisible sur ordinateur peut par exemple être, sans aucune limitation à ceux-ci, un système, un appareil, un dispositif électronique, magnétique, optique, électromagnétique, infrarouge ou à semi-conducteur ou un support de propagation tel que l'Internet. Il est à noter que le support utilisable sur ordinateur ou lisible sur ordinateur pourrait même

être un support papier ou un autre support approprié sur lequel le programme serait imprimé, le programme pouvant être détecté par voie électronique, par exemple par lecture optique du papier, ou autre support, puis être compilé, interprété ou traité d'une autre manière appropriée. Le produit / programme informatique et tous les logiciels et matériels décrits ici constituent les divers moyens de mettre en œuvre les fonctions de l'invention dans les exemples de modes de réalisation.

Bien que l'invention ait été illustrée et décrite en référence à un certain ou à certains mode(s) de réalisation, diverses transformations et modifications pourront bien sûr apparaître à l'homme de l'art à la lecture du présent fascicule et des dessins annexés. En ce qui concerne plus particulièrement les diverses fonctions réalisées par les éléments décrits ci-dessus (composants, ensembles, dispositifs, compositions, etc.), les termes (y compris lorsqu'on fait référence à un "moyen") utilisés pour décrire ces éléments peuvent correspondre, sauf indication contraire, à un élément quelconque qui réalise la fonction spécifiée pour l'élément décrit (c'est-à-dire qui est fonctionnellement équivalent), même s'il n'est pas structurellement équivalent à la structure présentée qui réalise la fonction dans l'exemple ou les exemples de mode(s) de réalisation de l'invention. Par ailleurs, alors qu'une caractéristique particulière de l'invention peut avoir été décrite ci-dessus en ce qui concerne un ou plusieurs mode(s) de réalisation illustré(s), cette caractéristique peut être combinée à une ou plusieurs autres caractéristiques des autres modes de réalisation, selon ce qui peut paraître

souhaitable et avantageux pour une application quelconque donnée ou particulière.

REVENDICATIONS

1. Dispositif de contrôle (26) destiné à indiquer qu'une condition de surcharge s'est produite pendant le fonctionnement d'un aéronef (10, 14) sur au moins un pneumatique (30, 32) de l'aéronef, une roue (20), et/ou au moins un train d'atterrissage (12) de l'aéronef, ledit dispositif de contrôle étant configuré pour :

recevoir au moins une entrée représentative d'au moins une charge s'exerçant sur ledit au moins un pneumatique et/ou ledit au moins un train d'atterrissage, et d'une vitesse angulaire (30a, 32a) dudit au moins un pneumatique ;

déterminer, sur la base de ladite au moins une entrée, si ledit au moins un pneumatique ou train d'atterrissage correspondant audit au moins un pneumatique a dépassé un seuil spécifié à l'avance ; et, sur la base de cette détermination, fournir une sortie (28) représentative d'une condition de surcharge dudit au moins un pneumatique ou du train d'atterrissage correspondant audit au moins un pneumatique.

2. Dispositif de contrôle selon la revendication 1, dans lequel la sortie correspond à au moins une condition de survitesse du pneumatique, une condition de surcharge du pneumatique ou une condition de surcharge du train d'atterrissage.

3. Dispositif de contrôle selon la revendication 1, dans lequel le seuil est un seuil de vitesse, et le dispositif de contrôle, pour déterminer si

ledit au moins un pneumatique a dépassé le seuil spécifié à l'avance, est configuré pour :

comparer la vitesse angulaire dudit au moins un pneumatique au seuil spécifié à l'avance ; et

conclure qu'une condition de survitesse du pneumatique s'est produite si la vitesse angulaire dudit au moins un pneumatique dépasse le seuil spécifié à l'avance.

4. Dispositif de contrôle selon la revendication 1, dans lequel le dispositif de contrôle est en outre configuré pour :

déterminer une première vitesse angulaire dudit au moins un pneumatique pendant une première période de temps après le toucher des roues de l'aéronef ; déterminer une seconde vitesse angulaire dudit au moins un pneumatique pendant une seconde période de temps après le toucher des roues de l'aéronef, la seconde période de temps se produisant après la première période de temps ; et

calculer un rayon dudit au moins un pneumatique pendant la première période de temps sur la base de la première vitesse angulaire et de la seconde vitesse angulaire.

5. Dispositif de contrôle selon la revendication 4, dans lequel le dispositif de contrôle, pour déterminer la charge s'exerçant sur ledit au moins un pneumatique, est configuré pour utiliser le rayon calculé du pneumatique et une courbe de déformation en fonction de la charge correspondant audit au moins un pneumatique pour déterminer une approximation de la charge

s'exerçant sur ledit au moins un pneumatique.

6. Dispositif de contrôle selon la revendication 5, dans lequel le seuil est un seuil de charge et dans lequel le dispositif de contrôle, pour déterminer si ledit au moins un pneumatique ou train d'atterrissage a dépassé le seuil spécifié à l'avance, est configuré pour :

comparer la charge déterminée, s'exerçant sur ledit au moins un pneumatique au seuil spécifié à l'avance ; et

conclure qu'une condition de surcharge s'est produite sur ledit au moins un pneumatique et/ou train d'atterrissage correspondant audit au moins un pneumatique si la charge s'exerçant sur ledit au moins un pneumatique dépasse le seuil spécifié à l'avance.

7. Dispositif de contrôle selon la revendication 1, dans lequel le dispositif de contrôle est en outre configuré pour calculer la vitesse de rotation de la roue sur la base des données de vitesse et pour utiliser la vitesse de rotation calculée de la roue et l'inertie de la roue, le dispositif de contrôle étant en outre configuré pour déterminer un coefficient de frottement de la surface d'une piste.

8. Dispositif de contrôle selon la revendication 7, dans lequel le dispositif de contrôle est en outre configuré pour utiliser le coefficient de frottement déterminé afin de déterminer un état de la piste.

9. Dispositif de contrôle selon la revendication 1, dans lequel le seuil est un seuil de vitesse et dans lequel le dispositif de contrôle, pour déterminer si ledit au moins un pneumatique ou train d'atterrissage a

dépassé le seuil spécifié à l'avance, est configuré pour :

utiliser un accéléromètre afin de déterminer une vitesse de descente verticale d'un aéronef au toucher des roues de l'aéronef ;

comparer la vitesse de descente verticale déterminée au seuil spécifié à l'avance ; et

conclure qu'une condition d'atterrissage brutal s'est produite sur ledit au moins un pneumatique et/ou train d'atterrissage correspondant audit au moins un pneumatique si la vitesse de descente verticale de l'aéronef dépasse le seuil spécifié à l'avance.

10. Système de train d'atterrissage d'aéronef destiné à indiquer une condition de surcharge, comprenant :

le dispositif de contrôle selon la revendication 1, le dispositif de contrôle ayant une pluralité d'entrées ; au moins un train d'atterrissage d'aéronef et au moins un pneumatique associé audit au moins un train d'atterrissage ; et

un capteur de vitesse de roue fonctionnellement relié à l'une de la pluralité d'entrées, ledit au moins un pneumatique d'aéronef comprenant un capteur de vitesse de roue configuré pour fournir des données représentatives d'une vitesse dudit au moins un pneumatique.

11. Système de train d'atterrissage d'aéronef selon la revendication 10, comprenant en outre un accéléromètre fonctionnellement relié à l'une de la pluralité d'entrées, dans lequel l'accéléromètre est utilisé pour déterminer un atterrissage brutal.

12. Procédé destiné à indiquer qu'une condition de surcharge s'est produite lors du fonctionnement d'un aéronef sur au moins un pneumatique de l'aéronef, une roue de l'aéronef et/ou sur au moins un train d'atterrissage de l'aéronef, consistant à :

déterminer au moins l'une d'une charge s'exerçant sur ledit au moins un pneumatique et d'une vitesse angulaire dudit au moins un pneumatique ;

déterminer, sur la base d'au moins l'une de la charge et de la vitesse angulaire si ledit au moins un pneumatique ou train d'atterrissage correspondant audit au moins un pneumatique a dépassé un seuil spécifié à l'avance ;

et sur la base de cette détermination, fournir une sortie représentative d'une condition de surcharge dudit au moins un pneumatique ou du train d'atterrissage correspondant audit au moins un pneumatique.

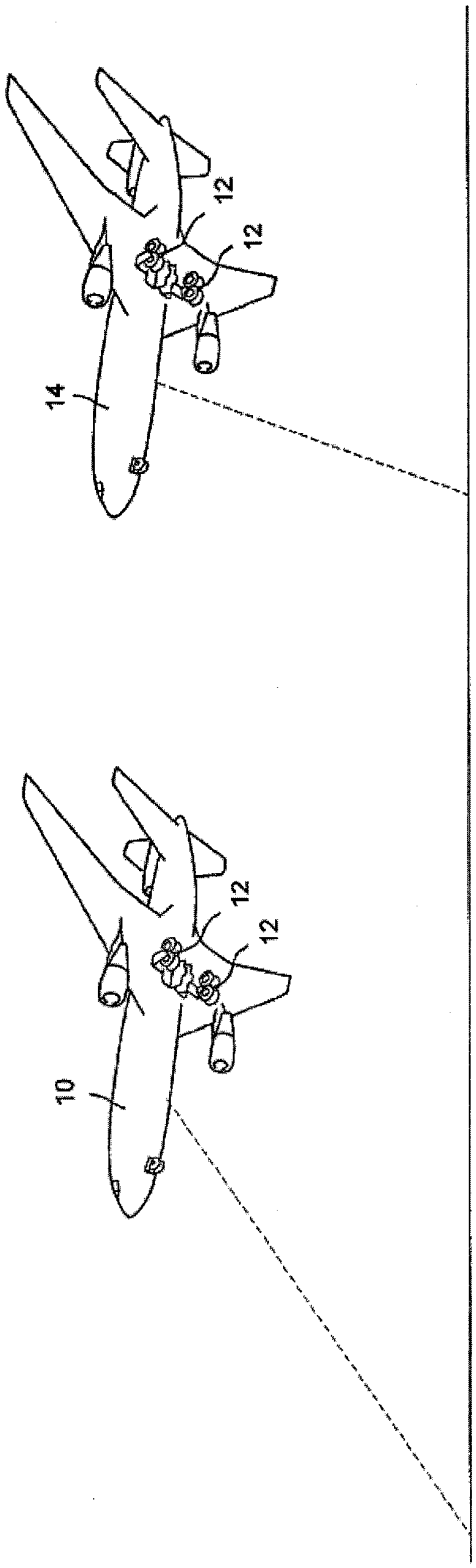


FIG. 1

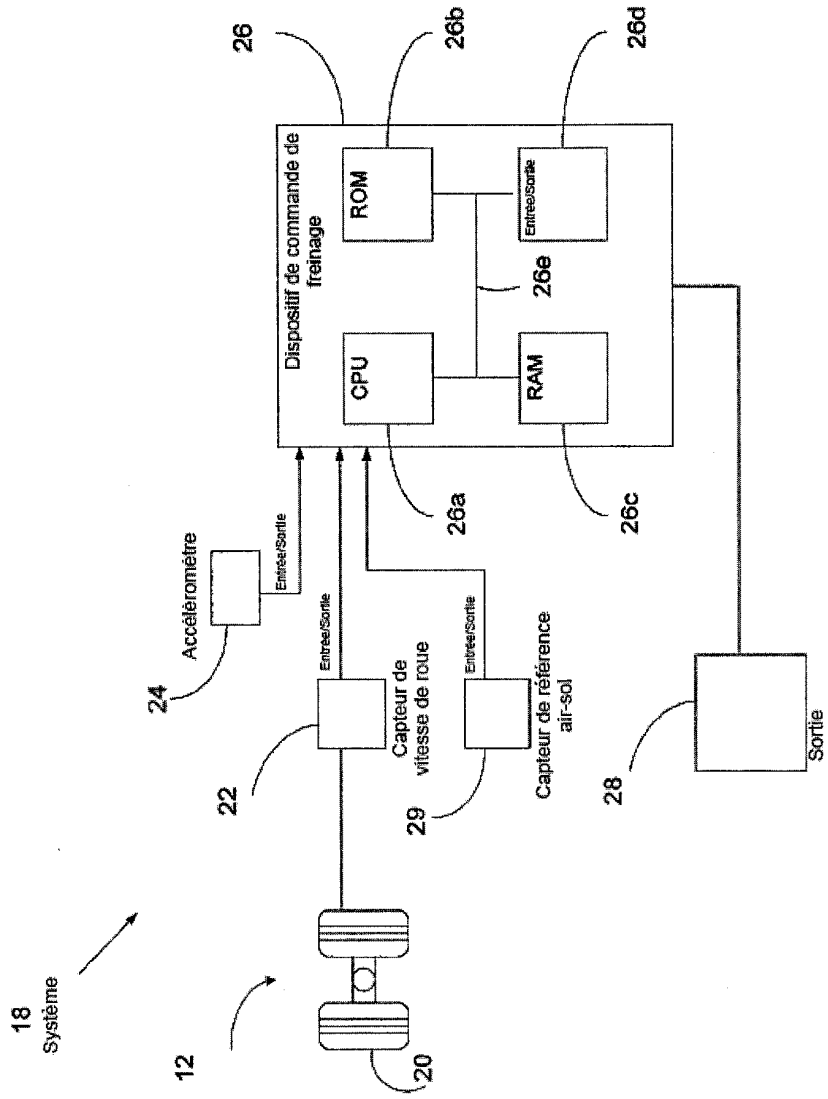

18
Système
12
20
22
Capteur de vitesse de roue
29
Capteur de référence air-sol
24
Accéléromètre
Entrée/Sortie
Entrée/Sortie
Entrée/Sortie
26
Dispositif de commande de freinage
ROM
CPU
RAM
Entrée/Sortie
26a
26b
26c
26d
26e
28
Sortie

FIG. 2

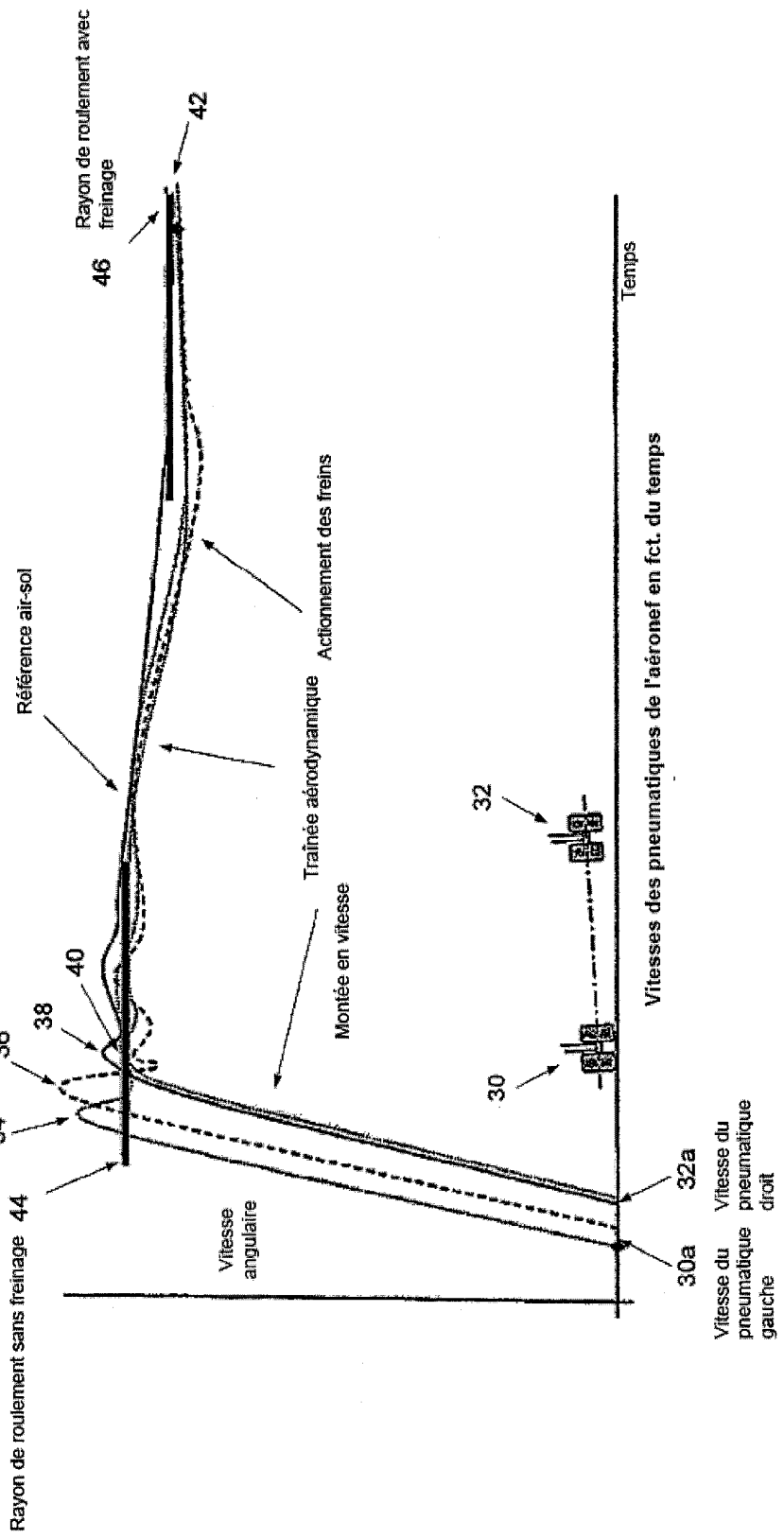

Rayon de roulement avec freinage
42
46
Référence air-sol
Actionnement des freins
Traînée aérodynamique
Montée en vitesse
40
38
36
34
44
32
30
Vitesses des pneumatiques de l'aéronef en fct. du temps
Temps
Vitesse angulaire
Rayon de roulement sans freinage
32a
Vitesse du pneumatique droit
30a
Vitesse du pneumatique gauche

FIG. 3

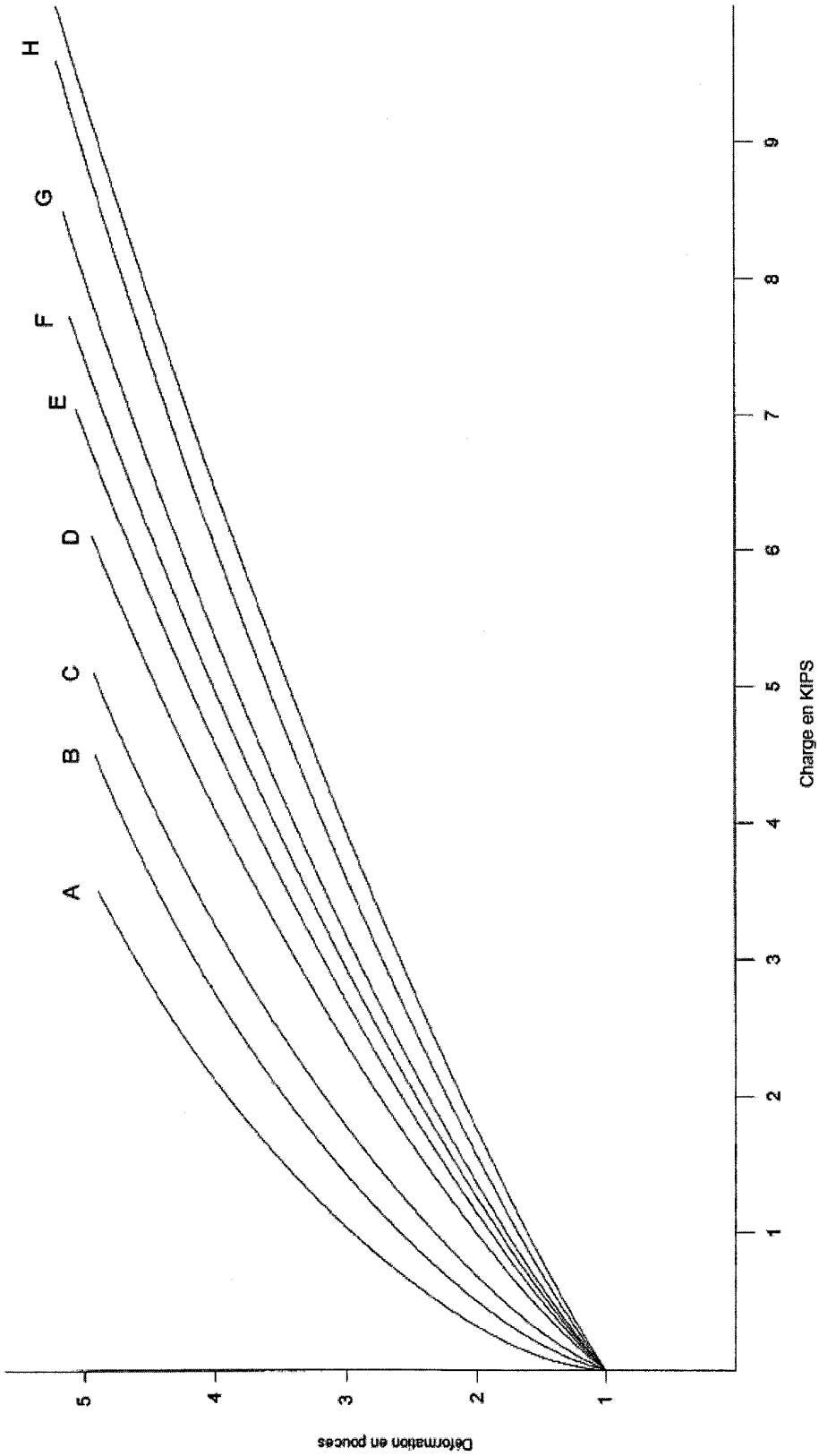

Déformation en pouces
1
2
3
4
5
Charge en KIPS
1
2
3
4
5
6
7
8
9
A
B
C
D
E
F
G
H

FIG. 4

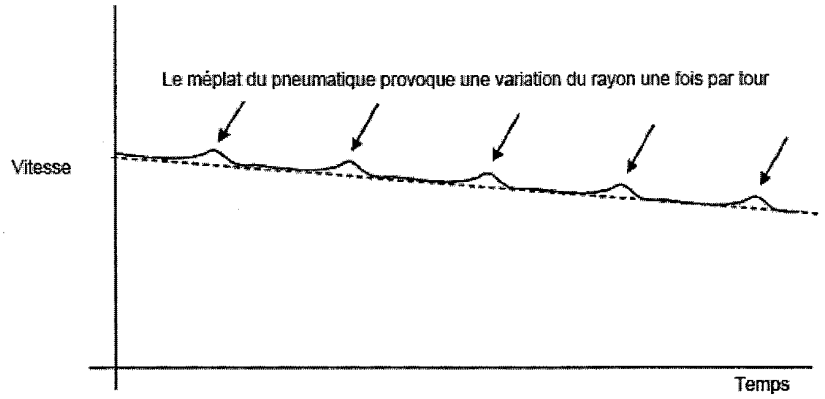

Le méplat du pneumatique provoque une variation du rayon une fois par tour
Vitesse
Temps

FIG. 5

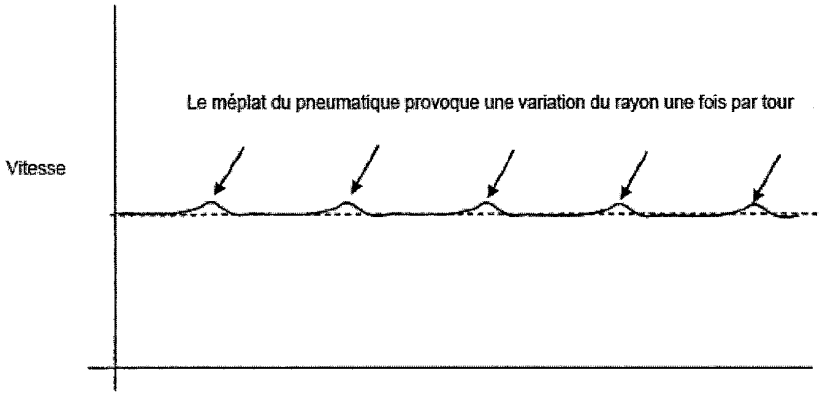

Le méplat du pneumatique provoque une variation du rayon une fois par tour
Vitesse

FIG. 6

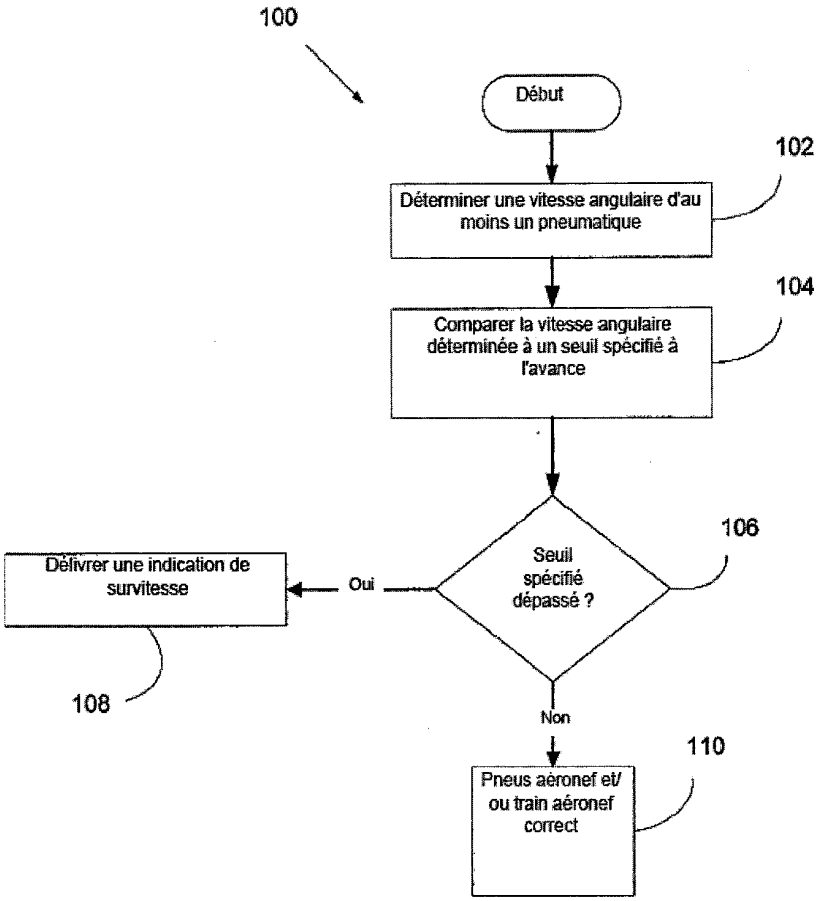

100
Début
102
Déterminer une vitesse angulaire d'au moins un pneumatique
104
Comparer la vitesse angulaire déterminée à un seuil spécifié à l'avance
106
Seuil spécifié dépassé ?
Oui
Délivrer une indication de survitesse
108
Non
110
Pneus aéronef et/ ou train aéronef correct

FIG. 7

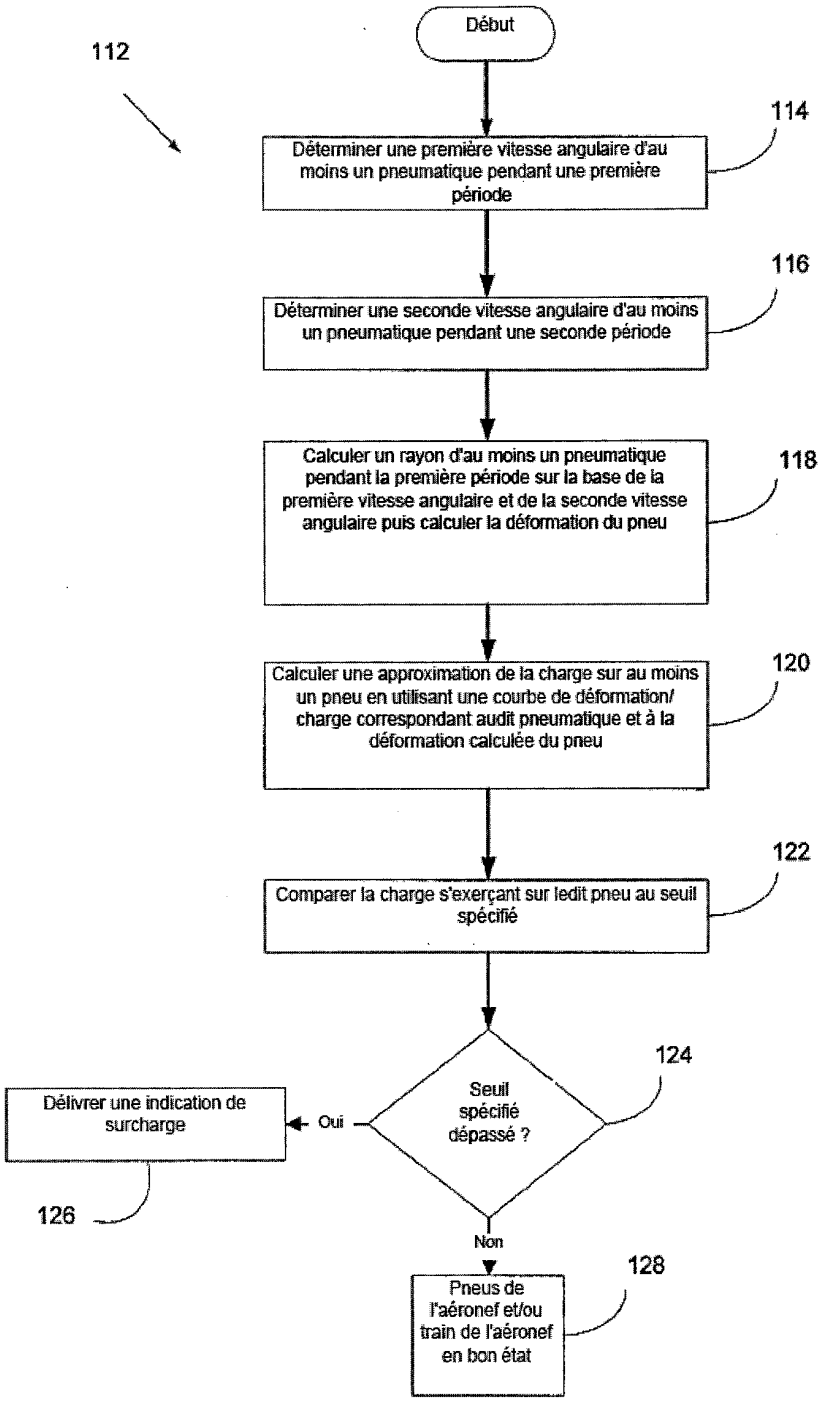

112
Début
114
Déterminer une première vitesse angulaire d'au moins un pneumatique pendant une première période
116
Déterminer une seconde vitesse angulaire d'au moins un pneumatique pendant une seconde période
118
Calculer un rayon d'au moins un pneumatique pendant la première période sur la base de la première vitesse angulaire et de la seconde vitesse angulaire puis calculer la déformation du pneu
120
Calculer une approximation de la charge sur au moins un pneu en utilisant une courbe de déformation/ charge correspondant audit pneumatique et à la déformation calculée du pneu
122
Comparer la charge s'exerçant sur ledit pneu au seuil spécifié
124
Seuil spécifié dépassé ?
Oui
Délivrer une indication de surcharge
126
Non
128
Pneus de l'aéronef et/ou train de l'aéronef en bon état

FIG. 8

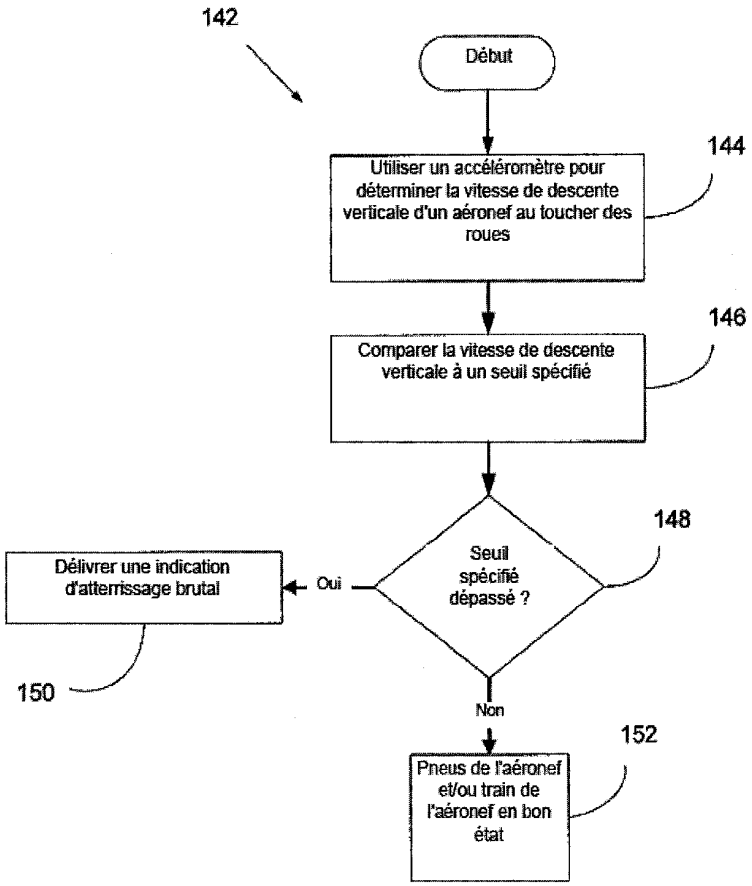

142
Début
144
Utiliser un accéléromètre pour déterminer la vitesse de descente verticale d'un aéronef au toucher des roues
146
Comparer la vitesse de descente verticale à un seuil spécifié
148
Seuil spécifié dépassé ?
Oui
Délivrer une indication d'atterrissage brutal
150
Non
152
Pneus de l'aéronef et/ou train de l'aéronef en bon état

FIG. 9

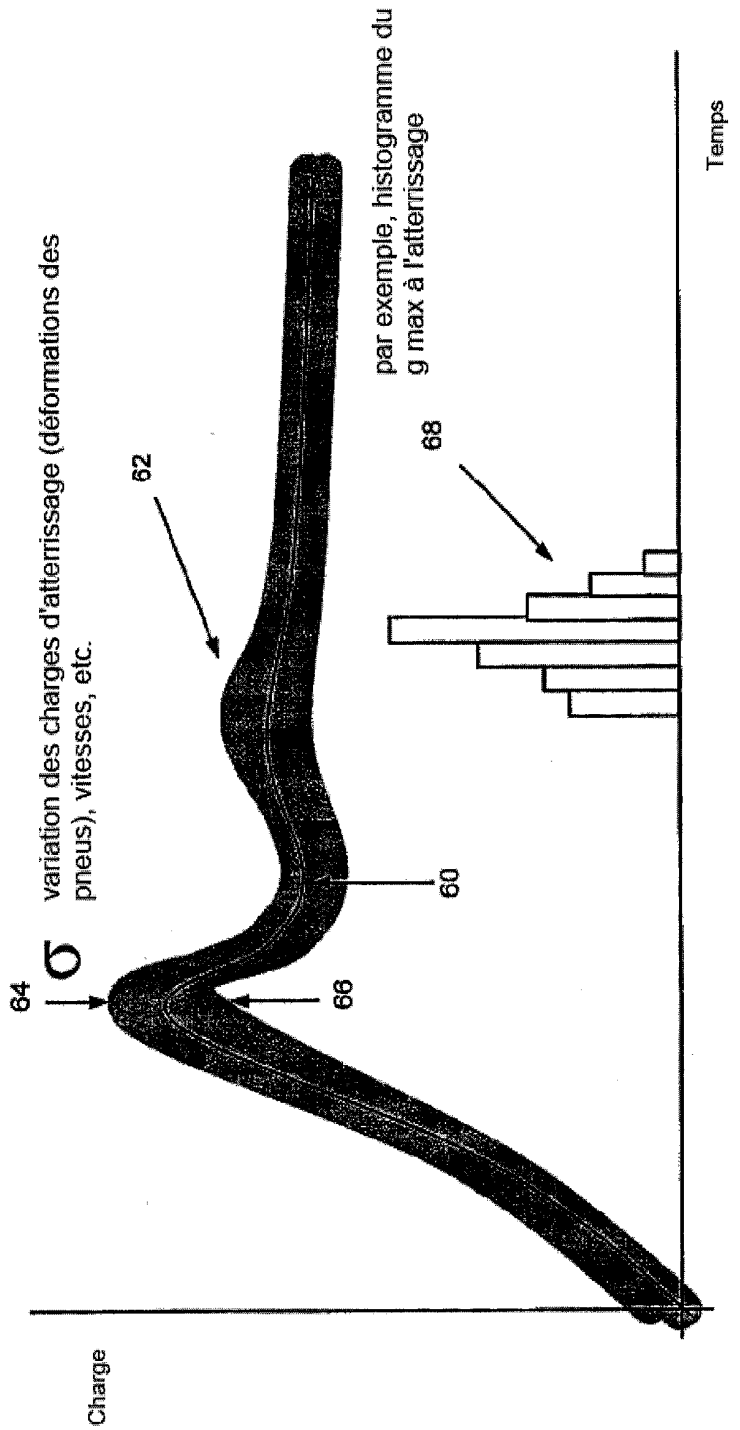

Charge
Temps
σ
variation des charges d'atterrissage (déformations des pneus), vitesses, etc.
par exemple, histogramme du g max à l'atterrissage
60
62
64
66
68

FIG. 10