

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

①1 N° de publication : **3 082 637**
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)
②1 N° d'enregistrement national : **18 00610**

⑤1 Int Cl⁸ : **G 05 D 1/00 (2018.01), G 05 B 21/00**

①2 **DEMANDE DE BREVET D'INVENTION**

A1

②2 Date de dépôt : 14.06.18.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la demande : 20.12.19 Bulletin 19/51.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du présent fascicule*

⑥0 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

⑦1 Demandeur(s) : *THALES Société anonyme — FR.*

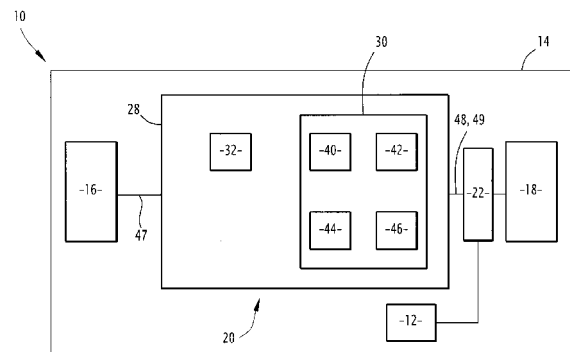
⑦2 Inventeur(s) : LAMOUR ROMAIN, BERGER FREDERIC, COLONNA FRANCOIS et CAZES MARIANNE.

⑦3 Titulaire(s) : THALES Société anonyme.

⑦4 Mandataire(s) : CABINET LAVOIX Société par actions simplifiée.

⑤4 **DISPOSITIF ET PROCÉDE DE CONVERSION D'UN SIGNAL DE CONSIGNE DE GUIDAGE EN UN SIGNAL DE COMMANDE POUR SYSTÈME AVIONIQUE, SYSTÈME D'AIDE AU PILOTAGE ET PROGRAMME D'ORDINATEUR ASSOCIÉS.**

⑤7 Un dispositif de conversion (20) d'un signal de consigne de guidage issu d'un système de guidage (16) pour aéronef (10) pour au moins un axe de pilotage, en un signal de commande pour un système avionique (18), tel qu'un système de stabilisation pour aéronef (10), comprenant un module d'acquisition (40) configuré pour acquérir le signal de consigne de guidage et un module de génération (42) configuré pour générer le signal de commande à partir du signal de consigne de guidage acquis, le signal de commande comportant au moins deux impulsions de commande, le module de génération (42) étant configuré pour calculer la durée entre deux impulsions de commande consécutives en fonction d'une valeur correspondante du signal de consigne de guidage acquis.



FR 3 082 637 - A1



Dispositif et procédé de conversion d'un signal de consigne de guidage en un signal de commande pour système avionique, système d'aide au pilotage et programme d'ordinateur associés

5 La présente invention concerne un dispositif de conversion d'un signal de consigne de guidage issu d'un système de guidage pour aéronef pour au moins un axe de pilotage, en un signal de commande pour un système avionique, tel qu'un système de stabilisation pour aéronef.

10 L'invention concerne également un système d'aide au pilotage comprenant un système de guidage configuré pour délivrer un signal de consigne de guidage, un système avionique, tel qu'un système de stabilisation et un dispositif de conversion.

15 L'invention concerne également un procédé de conversion d'un signal de consigne de guidage issu d'un système de guidage pour aéronef pour au moins un axe de pilotage, en un signal de commande pour un système avionique, tel qu'un système de stabilisation pour aéronef, le procédé étant mis en œuvre par un dispositif électronique de conversion.

L'invention concerne également un programme d'ordinateur, également appelé produit programme d'ordinateur, comportant des instructions logicielles qui, lorsqu'elles sont mises en œuvre par un ordinateur, mettent en œuvre un tel procédé de conversion.

20 L'invention s'applique au domaine de l'avionique, et plus particulièrement à celui des systèmes d'aide au pilotage, tels que des systèmes comprenant des systèmes de stabilisation et de guidage.

On entend par « aéronef », un engin mobile piloté par au moins un pilote, et apte à voler notamment dans l'atmosphère terrestre, tel qu'un avion, un drone ou un hélicoptère.

25 On entend par « pilote », une personne pilotant l'aéronef à partir d'un poste de pilotage situé dans l'aéronef ou à distance de celui-ci.

30 On entend par « axe de pilotage », un axe autour duquel un aéronef effectue un mouvement. Ils correspondent par exemple au roulis, au tangage et au lacet, et sont alors appelés respectivement axe de roulis, axe de tangage et axe de lacet. La commande de poussée du moteur de l'aéronef, celle-ci correspondant au pas collectif lorsque l'aéronef est un hélicoptère, sera aussi comprise dans les axes de pilotage de l'aéronef.

35 Les aéronefs sont généralement équipés de systèmes de stabilisation qui sont en charge d'asservir les commandes sur les axes de pilotage de l'aéronef pour notamment amortir les oscillations de l'appareil. Ces systèmes de stabilisation sont généralement associés soit à un système d'acquisition de consignes manuelles fournissant des signaux

de commande agissant sur les gouvernes de l'aéronef en fonction de commandes manuelles contrôlées par le pilote, soit à un système de guidage permettant de fournir des consignes de guidage permettant un pilotage automatique de l'aéronef.

5 On connaît le produit AFCS 3000 qui est un système d'aide au pilotage pour hélicoptère. Il comprend un système de guidage et un système de stabilisation tels que décrits précédemment. Le système de stabilisation possède deux types d'entrées dédiées, aptes à recevoir des signaux de commandes issus du système d'acquisition de consignes manuelles de l'aéronef, et respectivement des signaux de consigne de guidage issus du système de guidage.

10 Toutefois, la gestion de ces différentes entrées dédiées par le système de stabilisation est complexe puisqu'elle nécessite d'adapter le système de stabilisation en fonction des différentes fonctions du système de guidage.

15 La présente invention a pour but de proposer un dispositif et un procédé de conversion permettant de simplifier l'interface entre un système de guidage et un système avionique, tel qu'un système de stabilisation d'un aéronef, et permettant notamment d'ajouter de nouvelles fonctions de commande à l'aéronef, sans nécessiter de modifier l'interface entre le système de guidage et le système de stabilisation.

20 A cet effet, l'invention a pour objet un dispositif de conversion d'un signal de consigne de guidage issu d'un système de guidage pour aéronef pour au moins un axe de pilotage, en un signal de commande pour un système avionique, tel qu'un système de stabilisation pour aéronef, comprenant :

- un module d'acquisition configuré pour acquérir le signal de consigne de guidage ;

25 - un module de génération configuré pour générer le signal de commande à partir du signal de consigne de guidage acquis, le signal de commande comportant au moins deux impulsions de commande ;

le module de génération étant configuré pour calculer la durée entre deux impulsions de commande consécutives en fonction d'une valeur correspondante du signal de consigne de guidage acquis.

30 Avec le dispositif de conversion selon l'invention, les consignes de guidage issues du système de guidage et les commandes issues du système d'acquisition de consignes manuelles sont prises en compte par le système avionique via les mêmes entrées dédiées aux signaux de commande et habituellement destinées aux consignes manuelles uniquement, ce qui permet de simplifier l'interface entre le système de guidage et le système avionique, tel que le système de stabilisation.

Suivant d'autres aspects avantageux de l'invention, le dispositif de conversion comporte l'une ou plusieurs des caractéristiques suivantes :

5 - le système avionique est apte à fonctionner selon plusieurs états de fonctionnement distincts et le module de génération est configuré pour calculer la durée entre deux impulsions de commande consécutives via au moins une table de conversion prédéfinie, sélectionnée parmi plusieurs tables de conversion prédéfinies en fonction d'un signal indicatif de l'état de fonctionnement du système avionique ;

10 - le dispositif de conversion comprend une première et une deuxième bornes de sortie, les bornes de sortie étant configurées pour délivrer chacune un signal de sortie respectif, l'un provenant de la conversion des valeurs positives du signal de consigne de guidage, l'autre provenant de la conversion des valeurs négatives du signal de consigne de guidage ;

- le dispositif de conversion est configuré pour convertir des signaux de consigne de guidage en signaux de commande parallèlement pour plusieurs axes de pilotage ; et

15 - le dispositif de conversion est configuré pour convertir des signaux de consigne de guidage pour plusieurs axes de pilotage en un signal de commande global, le système avionique étant apte à récupérer le signal de commande global en entrée.

L'invention a aussi pour objet un système d'aide au pilotage d'un aéronef, le système comprenant :

20 - un système de guidage configuré pour délivrer un signal de consigne de guidage,
- un système avionique, tel qu'un système de stabilisation, et
- un dispositif de conversion, connecté entre le système de guidage et le système avionique, le dispositif de conversion étant configuré pour convertir un signal de consigne de guidage issu du système de guidage en un signal de commande à destination du système avionique, le dispositif de conversion étant tel que défini ci-dessus.

25 - le système d'aide au pilotage a aussi pour objet un système d'aide au pilotage d'un aéronef, le système comprenant l'une ou plusieurs des caractéristiques suivantes :

30 - le système comprend un dispositif de commutation connecté en entrée du système avionique, et en sortie du dispositif de conversion et d'un système d'acquisition de consignes manuelles de l'aéronef, configuré pour commuter entre la sortie du dispositif de conversion et la sortie du système d'acquisition de consignes manuelles ; et

- le dispositif de commutation est configuré pour commuter entre la sortie du dispositif de conversion et la sortie du système d'acquisition de consignes manuelles en fonction d'un signal de contrôle issu du système de guidage.

35 - le système d'aide au pilotage a aussi pour objet un procédé de conversion d'un signal de consigne de guidage issu d'un système de guidage pour aéronef pour au moins un axe de pilotage,

en un signal de commande pour un système avionique, tel qu'un système de stabilisation pour aéronef, le procédé étant mis en œuvre par un dispositif électronique de conversion, le procédé étant mis en œuvre par un dispositif électronique de conversion et comprenant les étapes suivantes :

- 5 - l'acquisition du signal de consigne de guidage
 - le calcul d'une durée entre deux impulsions de commande consécutives en fonction d'une valeur correspondante du signal de consigne de guidage acquis, et
 - la génération du signal de commande à partir de la durée entre deux impulsions de commande consécutives calculée, le signal de commande comportant au moins deux
 10 impulsions de commande.

L'invention a aussi pour objet un programme d'ordinateur comportant des instructions logicielles qui, lorsqu'elles sont mises en œuvre par un ordinateur, mettent en œuvre un procédé de conversion tel que défini ci-dessus.

15 Ces caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple non limitatif, et faite en référence aux dessins annexés sur lesquels :

- la figure 1 est une représentation schématique d'un aéronef comportant un système d'acquisition de consignes manuelles et un système d'aide au pilotage de
 20 l'aéronef, le système d'aide au pilotage comprenant notamment un système de guidage, un système avionique et un dispositif de conversion selon l'invention,
 - la figure 2 est un schéma bloc d'un mode de réalisation d'un dispositif de conversion selon l'invention,
 - la figure 3 est un graphique représentant un exemple d'évolution temporelle de la
 25 valeur de la durée entre deux impulsions de commande consécutives, calculée par le dispositif de conversion selon l'invention, ainsi que l'évolution temporelle de la valeur du signal de commande généré par le dispositif de conversion selon l'invention à partir de la durée calculée entre deux impulsions de commande consécutives, et
 - la figure 4 est un organigramme d'un procédé selon l'invention de conversion
 30 d'un signal de consigne de guidage en un signal de commande.

Sur la figure 1, un aéronef 10, tel qu'un hélicoptère, comprend un système 12 d'acquisition de consignes manuelles et un système d'aide au pilotage 14. L'aéronef 10 est, en variante, un avion ou un drone.

35 Le système d'acquisition de consignes manuelles 12 est connu en soi, et est apte à générer des signaux de commande pour agir par exemple, sur un système de

stabilisation, qui est lui-même configuré pour agir sur des gouvernes de l'aéronef 10 par rapport à au moins un axe de pilotage. Ces signaux de commande sont générés sous forme d'impulsions de commande en fonction de l'action du pilote sur les commandes manuelles de l'aéronef 10. Les mouvements correspondants des gouvernes sont alors actionnés pendant la durée de chaque impulsion.

Dans l'exemple de la figure 2, le système d'acquisition de consignes manuelles 12 est inclus dans le système d'aide au pilotage 14.

En variante, non représentée, le système d'acquisition de consignes manuelles 12 est distinct du système d'aide au pilotage 14.

Le système d'aide au pilotage 14 est propre à fournir une aide au pilote de l'aéronef 10 lors du pilotage de celui-ci, notamment en calculant des commandes par rapport à au moins un axe de pilotage de l'aéronef 10 permettant le pilotage automatique de l'aéronef 10.

Le système d'aide au pilotage 14 comprend un système de guidage 16, un système avionique 18, un dispositif de conversion 20. En complément facultatif, le système d'aide au pilotage 14 comprend un dispositif de commutation 22.

Le système de guidage 16 est connu en soi et est configuré pour calculer des consignes de guidage par rapport à au moins un axe de pilotage de l'aéronef 10 permettant à l'aéronef 10 de suivre une trajectoire définie par le pilote. Les signaux de consigne de guidage prennent chacun une valeur évoluant en fonction du temps représentative de l'amplitude du mouvement que l'aéronef 10 doit effectuer par rapport à l'axe de pilotage correspondant, pour suivre la trajectoire définie.

Le système avionique 18 est, par exemple, un système de stabilisation pour aéronef. Il est connu en soi et permet d'agir sur les gouvernes de l'aéronef 10 par rapport à au moins un axe de pilotage de l'aéronef en fonction de signaux de commande récupérés en entrée, afin notamment d'amortir les éventuelles oscillations de l'aéronef 10 par rapport aux axes de pilotage.

En complément facultatif, le système avionique 18 est apte à fonctionner selon plusieurs états de fonctionnement distincts, correspondant par exemple à des domaines de vol différents de l'aéronef 10.

Le dispositif de conversion 20 est connecté entre le système de guidage 16 et le système avionique 18. Il est configuré pour convertir un signal de consigne de guidage issu du système de guidage 16 en un signal de commande à destination du système avionique 18.

Dans l'exemple de la figure 1, le dispositif de conversion 20 comprend une unité de traitement d'informations 28 comportant une mémoire 30 et un processeur 32 associé à la mémoire 30.

5 Le dispositif de conversion 20 comprend un module d'acquisition 40 configuré pour acquérir le signal de consigne de guidage, et un module de génération 42 configuré pour générer le signal de commande à partir du signal de consigne de guidage acquis, le signal de commande comportant au moins deux impulsions de commande, le module de génération 42 étant configuré pour calculer la durée entre deux impulsions de commande consécutives en fonction d'une valeur correspondante du signal de consigne de guidage
10 acquis. L'homme du métier comprendra alors que le signal de commande est un signal de type discret.

En complément facultatif, le dispositif de conversion 20 comprend un module de seuillage 44 et un module de limitation 46.

15 Le dispositif de conversion 20 comprend par exemple une borne d'entrée 47 configurée pour recevoir le signal de consigne de guidage, et une première et une deuxième borne de sortie 48 et 49 configurées pour délivrer chacune un signal de commande respectif, la première borne de sortie 48 délivrant un signal correspondant à la génération du signal de commande à partir des valeurs positives du signal de consigne de guidage reçu en la borne d'entrée 47 et la deuxième borne de sortie 49 délivrant un signal
20 correspondant à la génération du signal de commande à partir des valeurs négatives du signal de consigne de guidage reçu en la borne d'entrée 47. Ces deux signaux de sortie correspondent aux signaux de commande pour des directions opposées d'un même axe de pilotage.

25 Dans l'exemple de la figure 2, le dispositif de conversion 20 comprend, en complément facultatif, des premier et deuxième modules de calcul de valeur absolue 50 et 51, un module de détection de valeur positive 52, un module de détection de valeur négative 54 et des première, deuxième et troisième portes logiques « ET » 56, 58 et 59.

30 En variante, le dispositif de conversion 20 est configuré pour convertir des signaux de consigne de guidage en signaux de commande pour plusieurs axes de pilotage. Le dispositif de conversion 20 comprend alors plusieurs bornes d'entrée 47 pour recevoir des signaux de consigne de guidage issus du système de guidage 16 pour les différents axes de pilotage, chaque borne d'entrée 47 étant par exemple associé à un axe de pilotage respectif. Le dispositif de conversion 20 comprend plusieurs paires de bornes de sortie 48, 49 configurées pour délivrer en sortie au système avionique 18 des signaux de
35 commande correspondant aux conversions respectives de chaque signal de consigne de

guidage, chaque paire de bornes de sortie 48, 49 étant par exemple associée à un axe de pilotage respectif.

En variante, le dispositif de conversion 20 est configuré pour convertir des signaux de consigne de guidage pour plusieurs axes de pilotage en un signal de commande global. Le dispositif de conversion 20 comprend alors plusieurs bornes d'entrée 47 pour recevoir des signaux de consigne de guidage issus du système de guidage 16 pour les différents axes de pilotage, chaque borne d'entrée 47 étant par exemple associé à un axe de pilotage respectif. Le dispositif de conversion 20 comprend une paire de bornes de sortie 48, 49 configurée pour délivrer au système avionique 18 un signal de commande global pour une gouverne par rapport à un axe de pilotage, correspondant à la conversion globale des signaux de consigne de guidage, le signal de commande global étant propre à agir sur le mouvement de l'aéronef soit directement par rapport à l'axe de pilotage associé à la gouverne commandée, soit indirectement par rapport aux autres axes de pilotage associés aux consignes de guidage. Cela est réalisé, par exemple, par couplage en lacet-roulis où le mouvement autour de l'axe de roulis est également susceptible d'impacter le comportement de l'aéronef autour de l'axe de lacet.

L'homme du métier comprendra qu'en variante, le dispositif de conversion 20 est inclus dans le dispositif de guidage, et le module de génération est alors configuré pour récupérer directement les signaux de guidage.

Le dispositif de commutation 22 est connecté en entrée du système avionique 18, et en sortie du dispositif de conversion 20 et du système d'acquisition de consignes manuelles 12. Il est configuré pour commuter entre la sortie du dispositif de conversion 20 et la sortie du système d'acquisition de consignes manuelles 12, ce qui permet d'activer et respectivement de désactiver une fonction couplée du système d'aide au pilotage 14, la fonction couplée correspondant à l'utilisation du système de guidage 16 et du dispositif de conversion 20.

En complément facultatif, le dispositif de commutation 22 est configuré pour commuter entre la sortie du dispositif de conversion 20 et la sortie du système d'acquisition de consignes manuelles 12 en fonction d'un signal de contrôle issu du système de guidage 16, le signal de contrôle correspondant à un signal indiquant l'activation ou la désactivation de la fonction couplée.

Dans l'exemple de la figure 1, le module d'acquisition 40, et le module de génération 42, ainsi qu'en complément facultatif le module de seuillage 44, et le module de limitation 46, sont réalisés chacun sous forme d'un logiciel, ou d'une brique logicielle, exécutables par le processeur 32. La mémoire 30 est alors apte à stocker un logiciel d'acquisition configuré pour acquérir un signal de consigne de guidage et un logiciel de

génération configuré pour générer un signal de commande à partir d'un signal de consigne de guidage acquis et, en complément facultatif, un logiciel de seuillage configuré pour délivrer en sortie une impulsion lorsque la valeur du signal de consigne de guidage récupérée en entrée est au-dessus d'une valeur seuil prédéfinie et en complément facultatif et un logiciel de limitation configuré pour limiter le signal de consigne de guidage à une valeur limite égale à l'inverse de une fréquence maximale de traitement du signal de commande par le système avionique 18. Le processeur 32 est alors configuré pour exécuter chacun des logiciels parmi le logiciel d'acquisition, le logiciel de génération, ainsi qu'en complément facultatif, le logiciel de seuillage et le logiciel de limitation.

En variante, le module d'acquisition 40 et le module de génération 42, ainsi qu'en complément facultatif, le module de seuillage 44 et le module de limitation 46, sont réalisés sous forme de composants logiques programmables, tel qu'un ou plusieurs FPGA (de l'anglais *Field-Programmable Gate Array*), ou encore sous forme de circuits intégrés dédiés, de type ASIC (de l'anglais *Application-Specific Integrated Circuit*).

Lorsque le dispositif de conversion 20 est réalisé sous forme d'un ou plusieurs logiciels, c'est-à-dire sous forme d'un programme d'ordinateur, il est en outre apte à être enregistré sur un support, non représenté, lisible par ordinateur. Le support lisible par ordinateur est par exemple, un médium apte à mémoriser des instructions électroniques et à être couplé à un bus d'un système informatique. A titre d'exemple, le support lisible est un disque optique, un disque magnéto-optique, une mémoire ROM, une mémoire RAM, tout type de mémoire non volatile (par exemple EPROM, EEPROM, FLASH, NVRAM), une carte magnétique ou une carte optique. Sur le support lisible est alors mémorisé un programme d'ordinateur comprenant des instructions logicielles.

En regard de la figure 2, le module d'acquisition 40 est connecté à la borne d'entrée 47 et est configuré pour acquérir un signal de consigne de guidage reçu en la borne d'entrée 47, ce signal de consigne de guidage étant issu du système de guidage 16.

En variante, le module d'acquisition 40 est connecté à plusieurs bornes d'entrée 47, et est configuré pour acquérir des signaux de consigne de guidage relatifs à plusieurs axes de pilotage.

Le module de génération 42 est configuré pour générer le signal de commande à partir du signal de consigne de guidage issu module d'acquisition 40 et d'une valeur d'une durée d'impulsion P_Dur prédéfinie, le signal de commande comportant au moins deux impulsions de commande.

En outre, le module de génération 42 est configuré pour calculer une durée P_P entre deux impulsions de commande consécutives en fonction d'une valeur correspondante du signal de consigne de guidage acquis.

5 Il est à noter que, dans l'exemple décrit, plus la valeur de la consigne de guidage est haute, plus la durée P_P calculée en fonction de celle-ci est faible, car la durée P_P est calculée de façon à prendre des valeurs reflétant l'inverse des valeurs du signal de consigne de guidage.

10 En complément facultatif, le module de génération 42 est en outre configuré pour calculer la durée P_P entre deux impulsions de commande consécutives via au moins une table de conversion prédéfinie 60, sélectionnée parmi plusieurs tables de conversion prédéfinies 60 en fonction d'un signal Table issu du système avionique 18 ou du système de guidage 16, indicatif de l'état de fonctionnement du système avionique 18.

15 Pour générer le signal de commande, le module de génération 42 est configuré pour vérifier à chaque pas de fonctionnement si une condition de génération d'impulsion est remplie. La condition de génération d'impulsion est par exemple que la durée depuis le début de la dernière impulsion de commande générée est supérieure à la durée P_P calculée. Le module de génération 42 est alors configuré pour générer une impulsion de durée P_Dur à chaque fois que cette condition est vérifiée.

20 En variante, le module de génération 42 est configuré pour récupérer en sortie du module d'acquisition 40 des signaux de consigne de guidage relatifs à plusieurs axes de pilotage et calculer pour chaque signal de consigne de guidage une durée P_P entre deux impulsions de commande consécutives, par exemple via des tables de conversion 60. Le module de génération 42 est alors configuré pour générer, pour chaque durée P_P calculée, un signal de commande en suivant la condition de génération d'impulsion précitée. Il est alors configuré pour délivrer en sortie les signaux de commande générés.

25 En variante, le module de génération 42 est configuré pour récupérer en sortie du module d'acquisition 40 des signaux de consigne de guidage relatifs à plusieurs axes de pilotage et calculer une durée P_P entre deux impulsions de commande consécutives, par exemple via une table de conversion 60 prenant en entrée les différentes valeurs des signaux de consigne de guidage. Le module de génération 42 est alors configuré pour générer un signal de commande global en suivant la condition de génération d'impulsion précisée précédemment. Il est alors configuré pour délivrer en sortie le signal de commande global généré.

30 En complément facultatif, le module de seuillage 44 est connecté à la sortie du module d'acquisition 40 et est configuré pour délivrer en sortie une impulsion lorsque la valeur du signal de consigne de guidage acquis par le dispositif d'acquisition 40 est au-

dessus d'une valeur seuil choisie préalablement. La première porte logique « ET » 56 est alors connectée pour récupérer les impulsions issues du module de seuillage 44 et du module de génération 42 et est configurée pour délivrer un signal de commande correspondant ainsi à la conversion d'un signal de consigne écrêté à la valeur seuil.

5 En complément facultatif, le module de limitation 46 est connecté entre le module d'acquisition 40 et le module de génération 42. Il est configuré pour limiter le signal de consigne de guidage à une valeur limite égale à l'inverse d'une fréquence maximale de traitement du signal de commande par le système avionique 18.

10 En complément facultatif, les modules de détection de valeur positive 52 et de valeur négative 54 sont connectés en parallèle à la sortie du module d'acquisition 40. Le module de détection de valeur positive 52 est configuré pour délivrer une impulsion lorsque la valeur du signal de consigne de guidage est positive. De façon similaire, le module de détection de valeur négative 54 est configuré pour délivrer une impulsion lorsque la valeur du signal de consigne de guidage est négative. Le premier module de
15 calcul de valeur absolue 50 est alors connecté entre le module d'acquisition 40 et le module de génération 42. En complément facultatif, le deuxième module de calcul de valeur absolue 51 est connecté entre le module d'acquisition 40 et le module de seuillage 44. La deuxième porte logique « ET » 58 est connectée pour récupérer des impulsions issues du module de détection 52 et du module de génération 42 ou en complément
20 facultatif, de la première porte logique « ET » 56, et est connectée à la borne de sortie 48. De la même façon, la troisième porte logique « ET » 59 est connectée pour récupérer des impulsions issues du module de détection 54 et du module de génération 42 ou en complément facultatif, de la première porte logique « ET » 56, et est connectée à la borne de sortie 49. Les bornes 48 et 49 sont donc configurées pour délivrer chacune un signal
25 de sortie respectif, l'un provenant de la conversion des valeurs positives du signal de consigne de guidage, l'autre provenant de la conversion des valeurs négatives du signal de consigne de guidage.

30 En complément facultatif, les tables de conversion 60 sont des tables d'interpolation permettant de donner, pour une valeur d'entrée, une estimation de sa conversion suivant l'interpolation utilisée. Les tables de conversion 60 utilisées comportent notamment des valeurs reflétant une fonction inverse. En variante, un inverseur, calculant l'inverse d'une valeur, est connecté en entrée du module de génération 42, et la table de conversion 60 est par exemple une table d'interpolation linéaire.

Le fonctionnement du dispositif de conversion 20 selon l'invention va être à présent décrit à l'aide de la figure 3 représentant un exemple d'évolution temporelle de la valeur de la durée P_P calculée par le dispositif de conversion 20 selon l'invention, ainsi que l'évolution temporelle de la valeur du signal de commande généré par le dispositif de conversion 20 selon l'invention à partir de la durée P_P calculée entre deux impulsions de commande consécutives, et de la figure 4 représentant un organigramme du procédé d'aide au pilotage selon l'invention.

Dans l'exemple de réalisation décrit, le dispositif de conversion 20 fonctionne sur un pas de temps très faible devant les valeurs calculées de la durée P_P .

Lors d'une étape initiale 100, le module d'acquisition 40 acquiert le signal de consigne de guidage issu de du système de guidage 16.

A chaque pas de fonctionnement, en fonction de la valeur correspondante du signal de consigne de guidage acquis lors de l'étape 100, le module de génération 42 calcule une durée P_P entre deux impulsions de commande consécutives, lors de l'étape 110, par exemple via une table de conversion 60.

Lors de l'étape 120, le module de génération 42 génère un signal de commande à partir de la durée P_P calculée entre deux impulsions de commande consécutives lors de l'étape 110 et de la durée d'impulsion P_{Dur} choisie préalablement, selon la condition de génération d'impulsion décrite précédemment.

Dans l'exemple de la figure 3, le module de génération 42 calcule des valeurs de durée P_P à partir d'une consigne de guidage non représentée, par exemple à l'aide d'une table de conversion 60 prédéfinie. Ces valeurs de durée P_P sont égales à P_{P1} entre des instants temporels t_0 et t_1 , P_{P2} entre des instants temporels t_1 et t_2 , puis P_{P3} au-delà de l'instant temporel t_2 . Les impulsions de commande générées à partir de ces valeurs de durée P_P sont aussi représentées en fonction du temps.

Lorsque la durée P_P est inférieure à la durée P_{Dur} , comme par exemple entre les instants temporels t_0 et t_1 , le signal de commande correspond à une impulsion continue. En effet, avant que l'impulsion courante retombe, une nouvelle impulsion est générée. La durée P_{Dur} correspond donc à une limite basse de la durée P_P en dessous de laquelle, le signal de commande n'est pas apte à comporter davantage d'impulsion de commande.

Le module de génération 42 prend en compte à chaque pas de fonctionnement, la nouvelle durée P_P calculée. Ainsi, dans l'exemple de la figure 3, entre les instants temporels t_1 et t_2 , la durée depuis le début de la dernière impulsion de commande générée est inférieure à la durée P_{P2} et aucune nouvelle impulsion est générée. Au premier pas de fonctionnement suivant l'instant temporel t_2 , la nouvelle durée P_P est

égale à P_{P_3} et est alors inférieure à la durée depuis le début de la dernière impulsion de commande générée. Une nouvelle impulsion est donc générée.

Après l'instant temporel t_2 , la durée P_P est constamment égale à P_{P_3} . Le signal de commande généré correspond donc à des impulsions de durée P_{Dur} espacées d'une

5 période P_{P_3} .

L'homme du métier comprendra alors que même si le signal de commande généré par le dispositif de conversion 20 comporte au moins deux impulsions de commande, deux impulsions de commande distinctes ne sont pas nécessairement associées à chaque valeur du signal de consigne de guidage à convertir. A titre d'exemple, sur la

10 figure 3, une seule impulsion est associée à la deuxième valeur du signal de consigne de guidage, correspondant à la durée P_{P_2} . En effet, l'impulsion suivante associée à la troisième valeur du signal de consigne de guidage (correspondant à la durée P_{P_3}) est générée avant la fin de la durée P_{P_2} , qui a été décomptée à partir du début de ladite impulsion associée à la deuxième valeur du signal de consigne de guidage, et une autre

15 impulsion n'est alors pas générée pour cette deuxième valeur.

Ainsi, le dispositif de conversion 20 selon l'invention permet alors au système avionique 18 de recevoir des consignes de guidage du système de guidage 16 directement via les entrées normalement dédiées aux signaux de commande issus du système d'acquisition de consignes manuelles de l'aéronef 12.

La caractéristique supplémentaire et optionnelle selon laquelle le module de génération 42 est configuré pour calculer la durée entre deux impulsions de commande consécutives via au moins une table de conversion 60 prédéfinie, sélectionnée parmi plusieurs tables de conversion 60 prédéfinies, en fonction de l'état de fonctionnement du système avionique 18, permet d'adapter ladite conversion, par exemple à des conditions

20 de vol de l'aéronef 10 et à des conditions extérieures.

Lorsque le dispositif de conversion 20 est configuré pour convertir des signaux de consigne de guidage pour plusieurs axes de pilotage en un signal de commande global, cela permet au système avionique 18 de prendre en compte des consignes de guidage d'un système de guidage 16 pour plusieurs axes de pilotage à la fois, notamment lorsque

30 le système avionique 18 n'est pas apte à prendre en compte plusieurs signaux de commande en parallèle, par exemple à cause de contraintes mécaniques.

En complément facultatif, lorsque le dispositif de commutation 22 est configuré pour commuter entre la sortie du dispositif de conversion 20 et la sortie du système d'acquisition de consignes manuelles 12 en fonction d'un signal de contrôle issu du système de guidage 16, cela permet au système de guidage 16 de forcer la désactivation de la fonction couplée, notamment lorsqu'une panne du système de guidage est détectée.

35

On conçoit donc que le dispositif de conversion 20 et le procédé de conversion selon l'invention permettent de simplifier l'interface entre le système de guidage 16 et le système avionique 18.

REVENDEICATIONS

1.- Dispositif de conversion (20) d'un signal de consigne de guidage issu d'un système de guidage (16) pour aéronef (10) pour au moins un axe de pilotage, en un signal de commande pour un système avionique (18), tel qu'un système de stabilisation pour aéronef (10),

caractérisé en ce qu'il comprend :

- un module d'acquisition (40) configuré pour acquérir le signal de consigne de guidage ;

- un module de génération (42) configuré pour générer le signal de commande à partir du signal de consigne de guidage acquis, le signal de commande comportant au moins deux impulsions de commande,

le module de génération (42) étant configuré pour calculer la durée entre deux impulsions de commande consécutives en fonction d'une valeur correspondante du signal de consigne de guidage acquis.

2.- Dispositif de conversion (20) selon la revendication 1, pour lequel le système avionique (18) est apte à fonctionner selon plusieurs états de fonctionnement distincts, et dans lequel le module de génération (42) est configuré pour calculer la durée entre deux impulsions de commande consécutives via au moins une table de conversion prédéfinie (60), sélectionnée parmi plusieurs tables de conversion prédéfinies (60) en fonction d'un signal indicatif de l'état de fonctionnement du système avionique (18).

3.- Dispositif de conversion (20) selon la revendication 1 ou 2, dans lequel le dispositif (20) comprend une première (48) et une deuxième bornes de sortie (49), les bornes de sortie (48, 49) étant configurées pour délivrer chacune un signal de sortie respectif, l'un provenant de la conversion des valeurs positives du signal de consigne de guidage, l'autre provenant de la conversion des valeurs négatives du signal de consigne de guidage.

4.- Dispositif de conversion (20) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le dispositif (20) est configuré pour convertir des signaux de consigne de guidage en signaux de commande parallèlement pour plusieurs axes de pilotage.

5.- Dispositif de conversion (20) selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel le dispositif (20) est configuré pour convertir des signaux de consigne de guidage pour plusieurs axes de pilotage en un signal de commande global, le système avionique (18) étant apte à récupérer le signal de commande global en entrée.

5

6.- Système d'aide au pilotage (14) d'un aéronef (10), le système comprenant :

- un système de guidage (16) configuré pour délivrer un signal de consigne de guidage,

- un système avionique (18), tel qu'un système de stabilisation, et

10

- un dispositif de conversion (20), connecté entre le système de guidage (16) et le système avionique (18), le dispositif de conversion (20) étant configuré pour convertir un signal de consigne de guidage issu du système de guidage (16) en un signal de commande à destination du système avionique (18),

caractérisé en ce que le dispositif de conversion (20) est selon l'une quelconque des revendications précédentes.

15

7.- Système (14) selon la revendication 6, dans lequel le système comprend un dispositif de commutation (22) connecté en entrée du système avionique (18), et en sortie du dispositif de conversion (20) et d'un système d'acquisition de consignes manuelles (12) de l'aéronef (10), configuré pour commuter entre la sortie du dispositif de conversion (20) et la sortie du système d'acquisition de consignes manuelles (12).

20

8.- Système (14) selon la revendication 7, dans lequel le dispositif de commutation (22) est configuré pour commuter entre la sortie du dispositif de conversion (20) et la sortie du système d'acquisition de consignes manuelles (12) en fonction d'un signal de contrôle issu du système de guidage (16).

25

9.- Procédé de conversion d'un signal de consigne de guidage issu d'un système de guidage (16) pour aéronef (10) pour au moins un axe de pilotage, en un signal de commande pour un système avionique (18), tel qu'un système de stabilisation pour aéronef (10),

30

le procédé étant mis en œuvre par un dispositif électronique de conversion (20) et caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes :

- l'acquisition (100) du signal de consigne de guidage

35

- le calcul (110) d'une durée entre deux impulsions de commande consécutives en fonction d'une valeur correspondante du signal de consigne de guidage acquis, et

- la génération (120) du signal de commande à partir de la durée entre deux impulsions de commande consécutives calculée, le signal de commande comportant au moins deux impulsions de commande.

- 5 10.- Programme d'ordinateur comportant des instructions logicielles qui, lorsqu'elles sont mises en œuvre par un ordinateur, mettent en œuvre un procédé selon la revendication précédente.

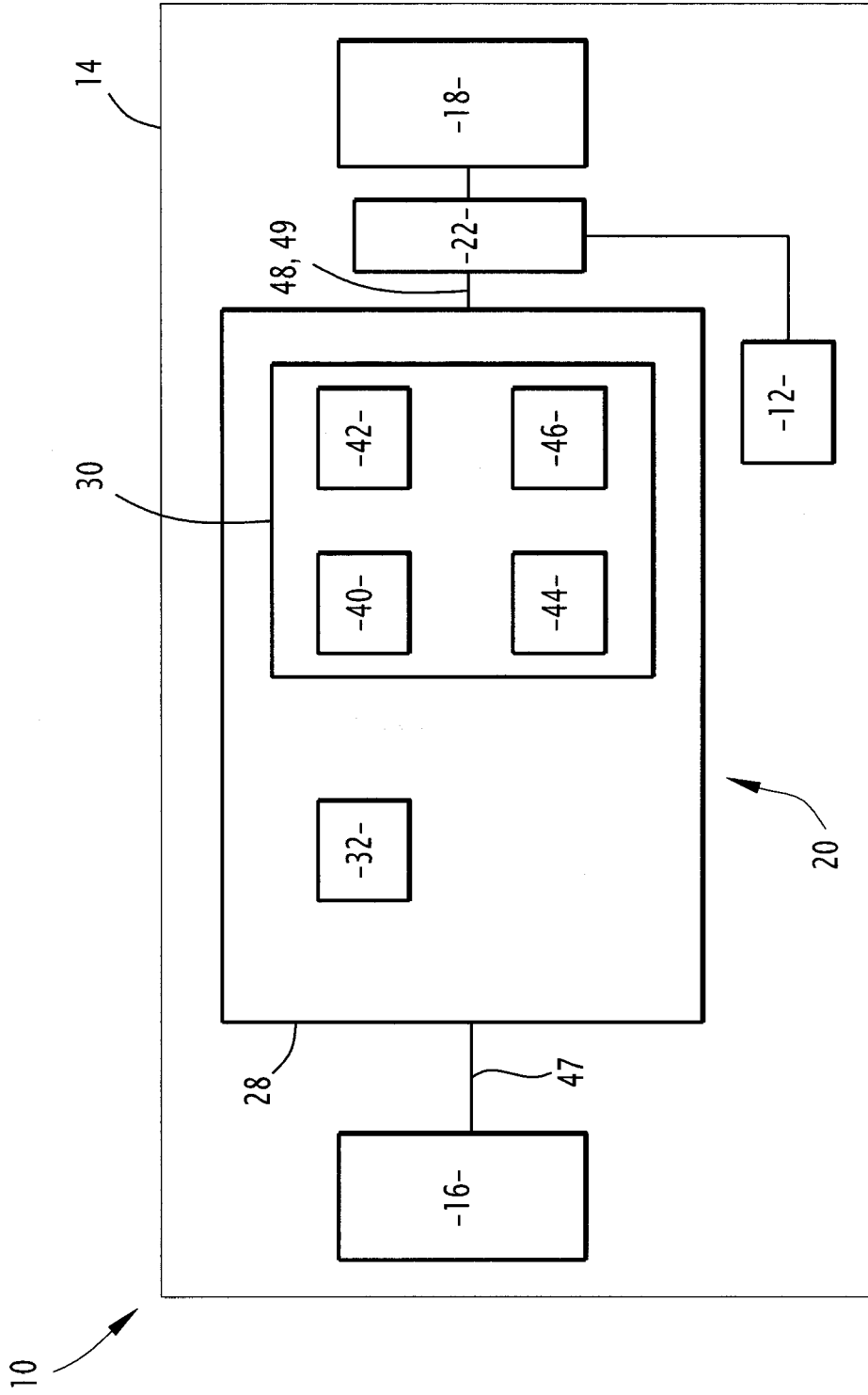


FIG.1

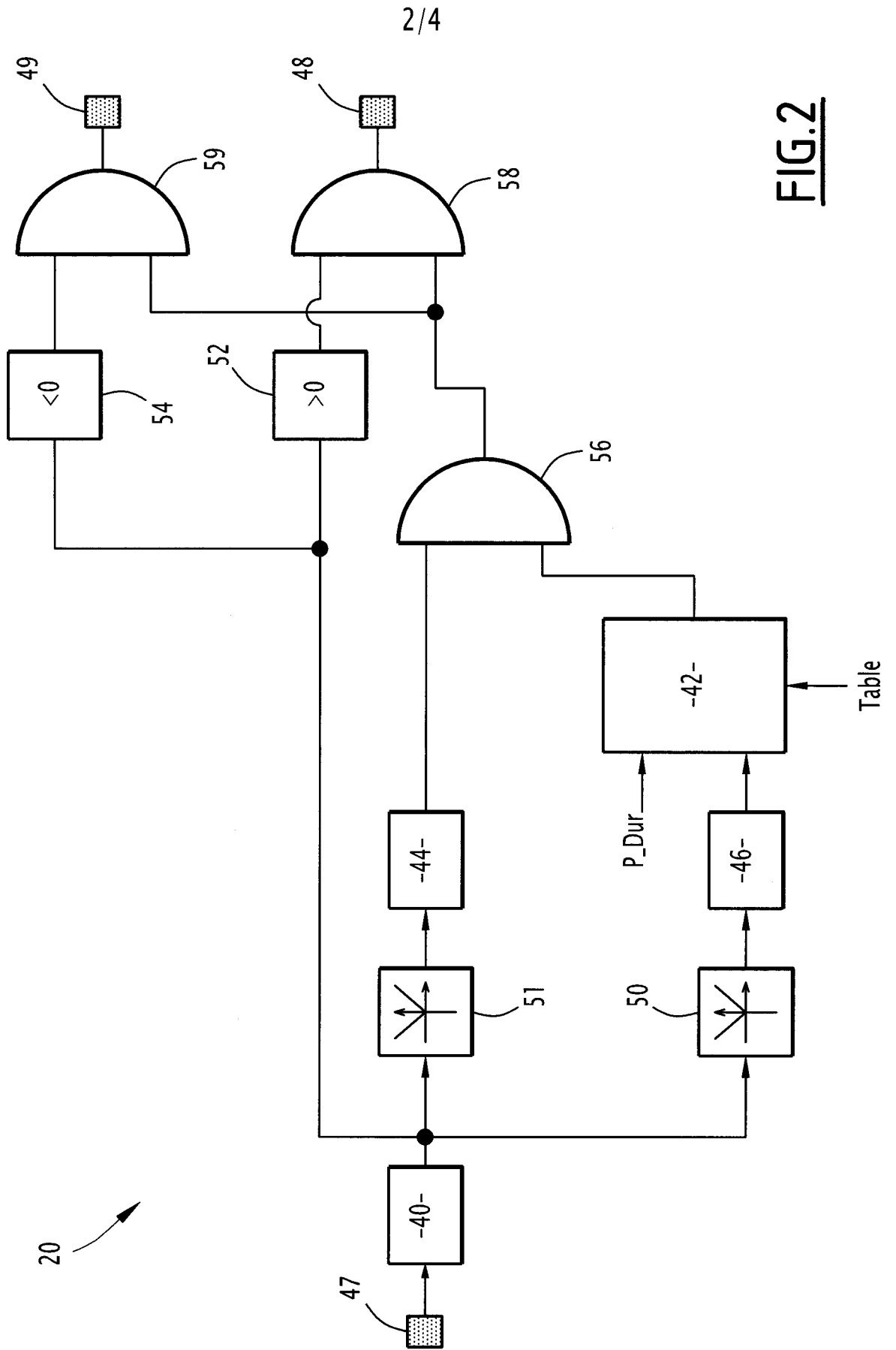


FIG. 2

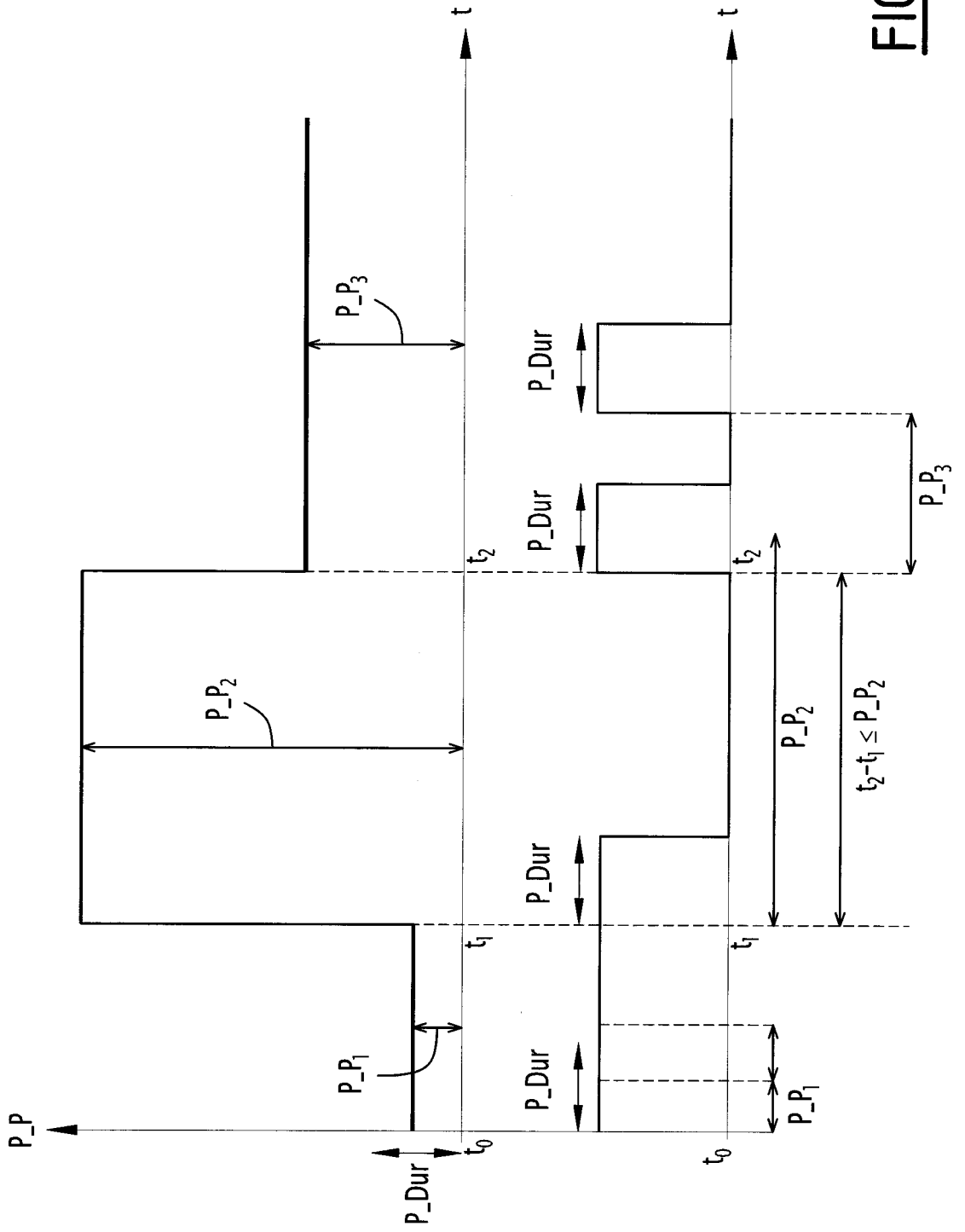


FIG.3

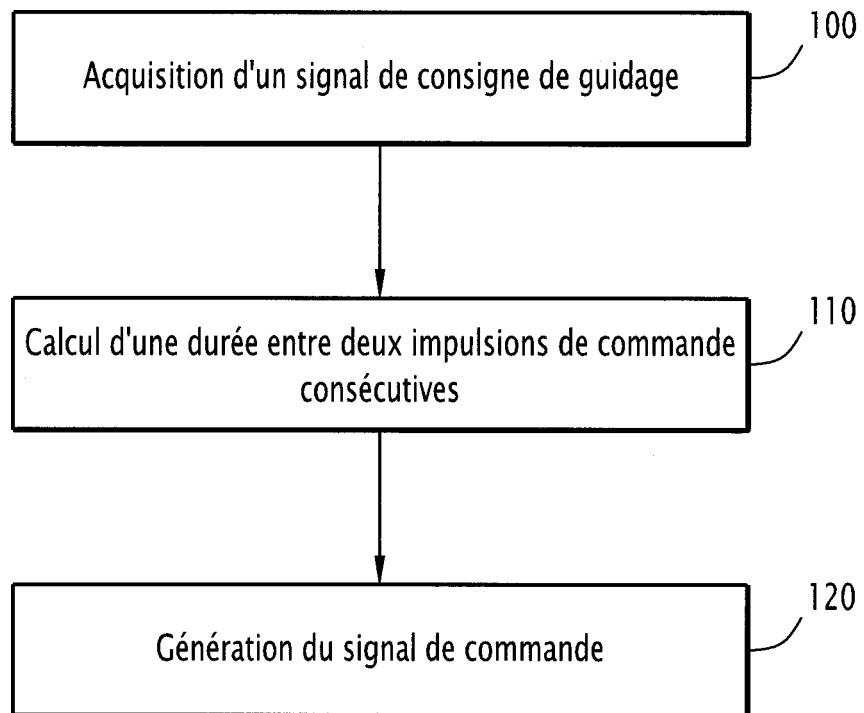


FIG.4

**RAPPORT DE RECHERCHE
 PRÉLIMINAIRE**

 établi sur la base des dernières revendications
 déposées avant le commencement de la recherche

 N° d'enregistrement
 national

 FA 857254
 FR 1800610

| DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS | | Revendication(s) concernée(s) | Classement attribué à l'invention par l'INPI |
|---|--|--|---|
| Catégorie | Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes | | |
| X | US 4 387 432 A (FISCHER WILLIAM C ET AL) 7 juin 1983 (1983-06-07) * Colonne 2 lignes 49-52, colonne 3 lignes 38-41, colonne 4 lignes 13-21, 43-51, colonne 6 lignes 5-7, 14-20, colonne 10 lignes 6-21; Figures 1-2. * ----- | 1,3-10 | G05D1/00 G05B21/00 |
| X | US 2009/302173 A1 (HANCHEY JEFFERSON MICHAEL [US] ET AL) 10 décembre 2009 (2009-12-10) * Paragraphes [0018], [0022], [0025]; Figures 2-3. * ----- | 1,2 | DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) G05D B64F B64D B64C B64B B60V G08G G01C |
| Date d'achèvement de la recherche | | Examineur | |
| 9 avril 2019 | | Roch, Vincent | |
| CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire | | T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant | |

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1800610 FA 857254**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **09-04-2019**

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

| Document brevet cité au rapport de recherche | | Date de publication | Membre(s) de la famille de brevet(s) | Date de publication |
|---|----|------------------------|---|------------------------|
| US 4387432 | A | 07-06-1983 | BR 8201663 A | 16-02-1983 |
| | | | DE 3210868 A1 | 21-10-1982 |
| | | | GB 2095870 A | 06-10-1982 |
| | | | IT 1151536 B | 24-12-1986 |
| | | | JP H0641280 B2 | 01-06-1994 |
| | | | JP S57178999 A | 04-11-1982 |
| | | | US 4387432 A | 07-06-1983 |
| ----- | | | | |
| US 2009302173 | A1 | 10-12-2009 | AUCUN | |
| ----- | | | | |