

(19)



(11)

**EP 3 545 175 B1**

(12)

**FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention  
de la délivrance du brevet:

**30.12.2020 Bulletin 2020/53**

(51) Int Cl.:

**F01D 11/24<sup>(2006.01)</sup>**

(86) Numéro de dépôt international:

**PCT/FR2017/053207**

(21) Numéro de dépôt: **17811651.3**

(22) Date de dépôt: **22.11.2017**

(87) Numéro de publication internationale:

**WO 2018/096264 (31.05.2018 Gazette 2018/22)**

**(54) PROCÉDÉ DE COMMANDE D'UNE VANNE DE TURBOMACHINE**

VERFAHREN ZUR STEUERUNG EINES TURBOMASCHINENVENTILS

METHOD FOR CONTROLLING A TURBOMACHINE VALVE

(84) Etats contractants désignés:

**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB  
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO  
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

(30) Priorité: **22.11.2016 FR 1661340**

(43) Date de publication de la demande:

**02.10.2019 Bulletin 2019/40**

(73) Titulaire: **Safran Aircraft Engines**

**75015 Paris (FR)**

(72) Inventeurs:

- **MACHE, Florian**  
**77550 Moissy-Cramayel Cedex (FR)**
- **RODHAIN, Arnaud**  
**77550 Moissy-Cramayel Cedex (FR)**

(74) Mandataire: **Regimbeau**

**20, rue de Chazelles**  
**75847 Paris Cedex 17 (FR)**

(56) Documents cités:

**EP-A1- 3 091 194 EP-A2- 1 550 791**  
**WO-A2-2007/086893 FR-A1- 2 630 500**  
**GB-A- 2 057 574**

**EP 3 545 175 B1**

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

## Description

### DOMAINE TECHNIQUE GENERAL

[0001] L'invention concerne les turbomachines et les procédés ou dispositifs de commandes de vannes contrôlant un flux d'air, et en particulier les vannes LPTACC (« *low pressure turbine active clearance command* » en anglais selon la terminologie employée dans l'aéronautique pour commande active des jeux de la turbine basse pression), c'est-à-dire les vannes qui ont pour but de contrôler le jeu entre une aube de turbine et un carter disposé radialement autour. En injectant de l'air sur le carter, on peut le refroidir et contrôler sa dilatation thermique, ce qui provoque une diminution de sa taille et donc une diminution du jeu.

[0002] La dilation des éléments dépend de plusieurs paramètres, dont les matériaux, les assemblages, la vitesse de rotation, la température, etc. La vanne LPTACC permet donc d'influer sur la température du carter.

[0003] Le jeu est modulé en fonction des phases de vol, du régime moteur, de l'altitude...

### ETAT DE L'ART

[0004] Une turbomachine 10 à double flux pour la propulsion aéronautique est représentée en **figure 1a**. Elle comprend une soufflante 11 délivrant un flux d'air dont une partie centrale est injectée dans une veine primaire VP comprenant un compresseur 12 qui alimente une turbine 14 entraînant la soufflante. La turbine 14 comprend une pluralité d'aubes 140 s'étendant radialement et est logée radialement à l'intérieur d'un carter 16.

[0005] La partie périphérique du flux d'air provenant de la soufflante circule dans une veine secondaire VS. Cette partie périphérique du flux d'air est éjectée vers l'atmosphère pour fournir la majeure partie de la poussée de la turbomachine 10.

[0006] Afin de contrôler le jeu entre les aubes 140 de la turbine 14 et le carter 16, une vanne de contrôle 20, qui est préférablement du type LPTACC, est prévue. La **figure 1b** illustre schématiquement l'architecture de l'environnement de cette vanne 20 et de son contrôle actif.

[0007] Cette vanne de contrôle 20 permet de contrôler de façon continue un débit d'air issu de la veine secondaire, à partir d'un prélèvement 18, et de le diriger vers le carter 16 disposé en regard des aubes 140 de la turbine 14. Le prélèvement 18 communique avec un conduit d'amenée 22 qui amène le flux d'air à la vanne de contrôle 20. Un conduit de rejet 24 amène ensuite cet air depuis la vanne de contrôle 20 vers le carter 16.

[0008] Une unité de calcul 40 reçoit notamment en entrée la valeur du régime moteur et calcule une commande en débit qui est convertie en une commande en position. Cette commande en position est envoyée vers un actionneur 30 qui pilote la vanne 20. Des capteurs de position (non représentés) permettent un retour vers l'unité de calcul 40.

[0009] Sur la **figure 1b**, il s'agit d'un actionneur 30 hydraulique qui pilote une servovanne 20 hydraulique. La liaison 41 entre l'unité de calcul 40 et l'actionneur 30 est électrique. La liaison 31 entre l'actionneur 30 et la vanne 20 est hydraulique. La liaison de retour 21 entre la vanne de contrôle 20 et l'unité de calcul 40 est électrique.

[0010] Le contrôle actif vise principalement à réduire le jeu en sommet d'aube 140 de turbine 14 pour optimiser la consommation spécifique, c'est-à-dire la quantité de carburant nécessaire pour produire une poussée de un Newton pendant une heure.

[0011] L'un des objectifs du contrôle est de définir un débit optimal d'air pour le contrôle actif, permettant de limiter au maximum le jeu en sommet des aubes 140 tout en minimisant la quantité d'air prélevé dans la soufflante, car l'air s'écoulant par ce biais ne contribue pas directement à la poussée fournie par la turbomachine 10. Cet objectif est principalement visé lors des phases de croisière (« *cruise* » en anglais, c'est à le dire le régime permanent).

[0012] La durée de vie de ces vannes de contrôle est souvent plus basse que celle prévue par les constructeurs. Des solutions ont consisté à renforcer les vannes, en utilisant des matériaux plus résistants, mais le problème n'est que partiellement résolu.

[0013] Il est aussi connu la demande de brevet référence WO2007/086893 présentant un système pour contrôler le jeu de la pointe d'aube dans des turbomachines.

### PRESENTATION DE L'INVENTION

[0014] Comme indiqué en introduction, l'invention concerne les vannes de contrôle 20 de turbomachine 10 et les procédés associés. Les éléments et leurs références indiquées en introduction seront réutilisés pour la description ci-dessous.

[0015] Les procédés de commande de la vanne de contrôle 20 comprennent généralement les étapes suivantes mises en œuvre par l'unité de calcul 40 :

- Une étape E1 de réception des données quantifiant le régime moteur de la turbomachine,
- Une étape E2 de détermination d'une commande en débit à partir notamment des données quantifiant le régime moteur,
- Une étape E3 de détermination d'une commande en position à partir de la commande en débit.

[0016] La commande en position est destinée à permettre le pilotage de la vanne 20, notamment via un actionneur 30 si ce dernier n'est pas intégré à la vanne 20.

[0017] D'autres données interviennent pour la commande en position, notamment les constantes de la fonction de transfert de l'actionneur 30. Ces données, continues, ne concernent pas directement l'invention et ne seront pas détaillées davantage.

[0018] D'autres étapes interviennent ensuite, comme une étape de pilotage par l'actionneur de la vanne, l'ac-

tionneur recevant en entrée la commande en position de l'étape E3. Ces étapes ne concernent pas l'unité de calcul 40 directement.

**[0019]** Il a été observé sur le matériel existant que la durée de vie des vannes de contrôle était plus faible qu'attendue. Comme indiqué dans l'introduction, des actions correctives portant sur la qualité des matériaux ont été lancées mais n'ont pu palier que temporairement et partiellement le problème.

**[0020]** Lors d'études plus approfondies, le Demandeur s'est aperçu que la vanne de contrôle 20 oscille autour de sa position d'équilibre. L'amplitude de ces oscillations est faible par rapport à la valeur de la commande, mais la fréquence est élevée par rapport à la réponse thermique du carter 16.

**[0021]** Ces oscillations peuvent représenter jusqu'à deux tiers de la course totale de la vanne 20 lors d'un vol et entraînent de ce fait une usure prématurée de la vanne 20.

**[0022]** Néanmoins, le Demandeur s'est aussi aperçu que les oscillations ne sont pas dues au flux d'air qui pourrait générer des perturbations mais sont dues à l'étape E2 de détermination de la commande en débit. Or, l'étape E3 de détermination de la commande en position de la vanne suit directement l'étape E2.

**[0023]** Il s'est ainsi avéré que la commande en débit fournie par l'unité de calcul 40 est très sensible aux oscillations du régime moteur qui varie de quelques pourcents lorsqu'il est en mode de croisière. On définit à présent une valeur de croisière  $V_c$  autour de laquelle oscille le régime moteur à une fréquence  $f_0$  et une amplitude  $A_0$  ( $A_0$  étant faible devant  $V_c$ , typiquement inférieur à 5% de  $V_c$ ). La fréquence  $f_0$  est d'environ 1 Hz (variable selon les turbomachines).

**[0024]** Comme, en phase de croisière, la commande en position de la vanne 20 est sensiblement proportionnelle au régime moteur, cette oscillation du régime se traduit en une oscillation de la commande de position.

**[0025]** Le régime moteur peut notamment être obtenu par des capteurs mesurant la vitesse de rotation de l'arbre de la turbine basse-pression.

**[0026]** A titre d'illustration, le changement de débit induit par ces oscillations de la commande en position est d'environ 5%. En raison de sa valeur et de sa fréquence, un tel changement n'a aucune utilité physique puisque le temps de réponse thermique du carter 16 est plus lent.

**[0027]** L'invention propose alors un procédé de commande comprenant une étape de détermination pour la vanne de contrôle 20 d'une commande en position filtrée des oscillations du régime moteur autour de la valeur de croisière  $V_c$ .

**[0028]** En particulier, le filtrage utilise un filtre passe-bas dont une fréquence de coupure est supérieure à une fréquence associée au temps de réponse thermique du carter, afin de s'assurer que le filtrage ne perturbe pas la fonction de la valve.

**[0029]** En effet, l'oscillation de la vanne étant due à une oscillation de la commande en position, un filtrage

adapté permet de supprimer le bruit du signal et d'optimiser la gestion de la vanne. La course cumulée de la vanne peut ainsi être divisée par trois sur un vol, ce qui augmente sa durée de vie.

**[0030]** Le filtrage est effectué à l'aide d'un filtre passe bas, dont une fréquence de coupure  $f_c$  est inférieure à la fréquence des oscillations  $f_0$ , afin de les atténuer. Plus généralement, la fréquence de coupure  $f_c$  est choisie pour atténuer les oscillations durant toute la phase de croisière.

**[0031]** Le filtrage prévu dans le procédé permet de limiter l'influence des oscillations sur la commande en position et ainsi d'améliorer la durée de vie de la vanne 20.

**[0032]** Au vu de l'architecture des étapes effectuées dans l'unité de calcul, le filtrage peut être effectué sur des signaux différents mais produit *in fine* un résultat similaire, à savoir que la commande en position est filtrée des oscillations du régime moteur.

**[0033]** L'invention s'applique avantageusement aux vannes LPTACC, (c'est-à-dire destinée à alimenter en air le carter pour modifier sa dilatation), mais aussi à tout type de vanne dont l'unité de calcul qui la pilote reçoit en entrée des données relatives au régime moteur et s'applique donc aux vannes dont la position oscille en réponse aux oscillations du régime moteur. Ces vannes contrôlent des flux de fluide, en particulier d'air.

**[0034]** Enfin, l'invention peut présenter les caractéristiques suivantes, prises seules ou en combinaison :

- l'étape de détermination comprend les sous-étapes suivantes :

(E1) réception des données quantifiant le régime moteur de la turbomachine,  
(E2) détermination d'une commande en débit à partir des données quantifiant le régime moteur,  
(E3) détermination d'une commande en position à partir de la commande en débit, ladite commande en position étant destinée à la vanne de contrôle,  
(Ef) filtrage de la commande en position issue de l'étape de détermination de la commande en position (E3),

dans lequel le filtrage est effectué à l'aide d'un filtre passe-bas dont une fréquence de coupure  $f_c$  est inférieure à une fréquence ( $f_0$ ) des oscillations du régime moteur autour de la valeur de croisière  $V_c$ ,

- le filtre est un filtre passe-bas du premier ordre,

- la vanne de contrôle est destinée à alimenter en air un carter pour modifier sa dilatation et dans lequel la fréquence de coupure  $f_c$  est supérieure à une fréquence  $f_r$  associée au temps de réponse thermique du carter,

- la fréquence de coupure  $f_c$  est comprise entre

0,05Hz et 0,15Hz,

- le procédé comprend un sous-procédé de désactivation de l'étape de filtrage Ef mis en œuvre par l'unité de calcul, ledit sous-procédé comprenant les étapes suivantes :

(E51) détermination du gradient de la commande en position issue de l'étape de détermination d'une commande en position (E3),  
(E52) comparaison de ce gradient à un seuil de désactivation Sg,  
(E53) désactivation du filtre si le gradient est supérieur audit seuil Sg,

- le procédé comprend un sous-procédé d'activation de l'étape de filtrage Ef mis en œuvre par l'unité de calcul, ledit sous-procédé comprenant les étapes suivantes :

(E61) détermination du gradient de la commande en position issue de l'étape de détermination d'une commande en position (E3),  
(E62) comparaison de ce gradient à un seuil d'activation Sg',  
(E63) activation du filtre si le gradient est inférieur audit seuil Sg' pendant au moins une durée de confirmation,

- préférablement l'étape d'activation du filtre (E63) se fait si l'altitude, le régime moteur et le Mach vérifient, en outre, chacun une certaine valeur,

- l'étape de détermination comprend les sous-étapes suivantes :

(E1) réception des données quantifiant le régime moteur de la turbomachine,  
(Ef) filtrage sur données des données quantifiant le régime moteur issue de l'étape précédente,  
(E2, E3) détermination d'une commande en position destinée à la vanne de contrôle,

dans lequel le filtrage est effectué à l'aide d'un filtre passe-bas dont une fréquence de coupure (fc) est inférieure à une fréquence (fo) des oscillations du régime moteur autour de la valeur de croisière (Vc).

**[0035]** L'invention propose aussi un système de commande d'une vanne de contrôle d'une turbomachine fonctionnant en régime moteur à une valeur de croisière Vc, ladite vanne de contrôle étant destinée à alimenter en air un carter pour modifier sa dilatation, ledit système comprenant une vanne de contrôle et une unité de calcul configurée pour mettre en œuvre le procédé tel que décrit précédemment.

**[0036]** L'unité de calcul comprend une interface de ré-

ception de données, un processeur apte à traiter des données, une mémoire (pour stocker des données) et une interface de sortie de données. En particulier, l'unité de calcul comprend un bloc de filtration (typiquement le processeur qui exécute des opérations), qui performe l'opération de filtrage.

**[0037]** L'invention propose aussi une turbomachine comprenant un système tel que décrit précédemment.

## 10 PRESENTATION DES FIGURES

**[0038]** D'autres caractéristiques, buts et avantages de l'invention ressortiront de la description qui suit, qui est purement illustrative et non limitative, et qui doit être lue en regard des dessins annexés, sur lesquels :

- La figure 1a illustre l'architecture globale d'une turbomachine,
- La figure 1b illustre l'architecture globale des éléments de contrôle du débit prélevé sur la veine secondaire et envoyé vers le carter en regard des aubes de turbines selon l'état de la technique,
- La figure 2 illustre par étapes un mode de mise en œuvre de l'invention,
- La figure 3 illustre l'architecture en schéma-bloc d'un procédé d'activation ou de désactivation du filtre, complémentaire du mode de mise en œuvre de la figure 2,
- Les figures 4 et 5 illustrent par étapes d'autres modes de mise en œuvre de l'invention.

## DESCRIPTION DETAILLEE

**[0039]** Plusieurs modes de mise en œuvre vont être à présent décrits.

### Premier mode de mise en œuvre

**[0040]** Dans un premier mode de mise en œuvre présenté en **figure 2**, l'étape de filtrage Ef est appliquée à la commande en position issue de l'étape E3, de sorte que l'on obtienne en sortie une commande en position filtrée.

**[0041]** L'avantage d'un tel filtrage en fin de procédé est qu'il est facilement implémentable sur les logiciels des appareils en service et qu'il ne remet pas en cause l'intégrité du code déjà existant : son intégration dans un logiciel embarqué est ainsi simplifiée.

**[0042]** Dans un mode préférentiel, le filtrage est effectué avec un filtre passe bas du premier ordre, possédant une unique fréquence de coupure fc.

**[0043]** Le choix du type de filtre est fondé sur le fait que les fréquences à supprimer sont bien plus élevées que le comportement nominal de la logique.

**[0044]** Il est techniquement réalisable de mettre un filtre d'ordre deux ou supérieur mais pour limiter l'impact en matière de temps de calcul, on privilégiera les filtres les plus simples.

**[0045]** La détermination de la fréquence de coupure  $f_c$  est une condition importante pour obtenir un filtrage efficace ne ralentissant pas de façon rédhibitoire le procédé de commande.

**[0046]** Le temps de réponse du filtre a été choisi par un compromis entre deux contraintes. En effet, ce temps de réponse doit être suffisamment élevé pour supprimer un maximum d'oscillations sans pour autant ralentir le système dans des proportions inacceptables d'un point de vue de la réponse thermique du carter. En effet, une fréquence trop basse viendrait filtrer la valeur nominale de la commande et la vanne de contrôle 20 resterait quasiment immobile.

**[0047]** Des tests sur moteur permettent de définir la réponse thermique du carter et d'obtenir un temps de réponse caractéristique (et sa fréquence associée). Dans la mesure où la réponse thermique du carter est généralement différente en différents points, le cas le plus contraignant est choisi pour délimiter le temps de réponse minimal (c'est-à-dire la fréquence maximale à laquelle la fréquence de coupure doit rester inférieure). Dans la mesure où une fréquence  $f_r$  associée au temps de réponse le plus contraignant du carter 16 (c'est-à-dire le temps de réponse le plus faible parmi les mesures effectuées sur le carter 16) est généralement nettement plus faible que la fréquence  $f_o$  des oscillations, on peut s'assurer que la fréquence de coupure  $f_c$  soit supérieure à la fréquence  $f_r$  associée au temps de réponse du carter 16 sans que cela n'introduise des contraintes trop fortes sur la fréquence  $f_c$ .

**[0048]** Ces conditions sur la fréquence de coupure garantissent les performances du système.

**[0049]** La fréquence  $f_o$  des micro-oscillations a également été estimée, ce qui a permis de déterminer une borne inférieure du temps de réponse, et donc une borne supérieure pour la fréquence de coupure  $f_c$ .

**[0050]** Par exemple, en fonction de la fréquence  $f_o$ , on choisit une fréquence de coupure  $f_c$  entre 0,05 et 0,15 Hz, ou encore 0,08 et 0,12 Hz ou de façon plus large entre 0,01 et 0,20 Hz. Pour mémoire, la fréquence  $f_o$  est aux alentours de 1 Hz, qui est assez éloignée des bornes supérieures précédentes pour assurer un filtrage efficace. Pour des fréquences de coupure  $f_c$  dans ce dernier intervalle, on est assuré d'avoir des temps de réponse inférieurs à ceux du carter 16.

**[0051]** Malgré tout, l'ajout du filtre ralentit quelque peu le système et il ne doit être préférentiellement appliqué qu'en phases de vol pertinentes. On ne souhaite dans ce cas appliquer ce filtrage qu'en condition de vol de croisière, c'est-à-dire lorsque le régime moteur est en régime permanent (régime auquel on observe les oscillations à la fréquence  $f_o$ ).

**[0052]** Une condition d'application du filtre est tout d'abord liée au régime de croisière. Pour cela, on vérifie trois indicateurs :

- Le régime moteur,
- Le Mach (c'est-à-dire le rapport de la vitesse locale

dans un fluide sur la vitesse du son dans ce même fluide),

- L'altitude.

**[0053]** Plusieurs valeurs liées à ces indicateurs sont prédéterminées pour caractériser une phase de croisière. Si la phase de croisière est confirmée, alors l'étape de filtrage peut être activée.

**[0054]** En outre, lorsque le système demande une réaction rapide de la vanne de contrôle 20, on souhaite que la commande ne soit pas ralentie par un filtre (par exemple une action du pilote, lors de décollage ou d'atterrissage ou par exemple un brusque changement d'environnement).

**[0055]** Préférentiellement, le procédé comprend complémentaiement un sous-procédé de désactivation du filtre. La **figure 3** représente un schéma bloc indiquant les différentes étapes de ce sous-procédé.

**[0056]** Dans une étape E51, on détermine le gradient entre deux instants (c'est-à-dire la variation entre deux valeurs à deux instants d'un signal numérique) de la commande en position issue de l'étape E3. Il ne s'agit donc pas de la commande filtrée. Pour cela, plusieurs blocs retard en cascade peuvent être utilisés (le nombre de trois est lié à la logique interne de l'unité de calcul 40, pour laquelle le taux d'itération est de 0,240s, soit de 0,720s pour les trois itérations).

**[0057]** Dans une étape E52, ce gradient est comparé à une valeur seuil de désactivation  $S_g$ . Plus précisément, pour s'affranchir des questions de signes, on compare la valeur absolue de ce gradient à la valeur seuil de désactivation  $S_g$ .

**[0058]** Enfin, dans une étape E53, on désactive l'étape de filtrage Ef si le gradient est supérieur ou égal audit seuil  $S_g$ .

**[0059]** A titre d'exemple, on choisit une valeur seuil qui est comprise entre 0,5 et 2,5% par seconde, c'est-à-dire qu'à une seconde d'intervalle, la commande varie entre 0,5 et 2,5% de sa valeur d'origine. Sur le schéma, la valeur du seuil est de 1% pour 0,72 seconde, soit 1,4% par seconde. Un intervalle de 1 et 2% par seconde peut aussi convenir.

**[0060]** Un gradient supérieur au seuil  $S_g$  signifie qu'il ne s'agit pas d'une micro-oscillation qui est détectée, mais bien d'un changement pertinent pour le système qui peut avoir un impact sur le carter 16.

**[0061]** Ainsi, dès que la vanne est davantage sollicitée, le filtrage s'arrête et le système récupère son fonctionnement classique. Dans ce sous-procédé de désactivation, la valeur analysée est le gradient de commande et non pas la mesure physique donnée par les capteurs : la solution tiendrait compte du filtrage (puisque la commande en position a été filtrée) et serait trop lente.

**[0062]** La réactivation (ou activation) de l'étape de filtrage se fait aussi sous condition à l'aide d'un autre sous-procédé, aussi représenté en **figure 3**.

**[0063]** Dans des étapes E61, E62 similaires aux étapes E51 et E52 respectivement, on compare le gradient

à une valeur seuil d'activation  $Sg'$ .

**[0064]** La valeur seuil d'activation  $Sg'$  peut être identique ou non à la valeur seuil de désactivation  $Sg$ . Si on souhaite que l'activation du filtre se fasse plus sélectivement, on peut fixer la valeur seuil  $Sg'$  inférieure à la valeur seuil  $Sg$ . En **figure 3**, on a  $Sg=Sg'$ .

**[0065]** Dans une étape E63, on active l'étape Ef de filtrage si le gradient reste inférieur au seuil  $Sg'$  pendant une durée de confirmation T fixée. La durée de confirmation T est comprise entre deux et huit secondes ( $T=5s$  sur la **figure 3**), voire 4 et 6 secondes.

**[0066]** Les conditions additionnelles de la phase de croisière (Mach, altitude et régime moteur) sont aussi analysées ici.

**[0067]** L'étape E63 est abusivement représentée sur la **figure 3**, puisque le bloc dessiné sort une condition d'activation, qui est ensuite préférablement combinée aux autres conditions d'activation pour effectivement activer le filtre.

**[0068]** Si les trois conditions additionnelles sont réunies (régime moteur à une certaine valeur, Mach à une certaine valeur et altitude à une certaine valeur), alors le filtre peut être ré-enclenché.

**[0069]** Ainsi, on s'assure que le système est stable et que le moteur est en régime de croisière avant de réactiver l'étape Ef de filtrage et de supprimer les oscillations.

#### Deuxième mode de mise en œuvre

**[0070]** Dans un deuxième mode de mise en œuvre présenté en **figure 4**, l'étape de filtrage Ef est appliquée aux données du régime moteur issues de l'étape E1, de sorte que l'on obtienne à nouveau en sortie une commande en position filtrée. L'étape de détermination d'une commande en débit E2 se fait alors à partir des données filtrées relatives au régime moteur.

**[0071]** Un tel filtrage au début du procédé de calcul de la commande en position permet d'éviter le traitement de données avec du bruit.

**[0072]** Dans un tel mode de mise en œuvre, le filtrage est préférablement intégré en fait dans l'étape E2 de détermination d'une commande en débit.

**[0073]** Des modes de réalisation avec des seuils d'activation et de désactivation peuvent aussi être mis en œuvre.

#### Troisième mode de mise en œuvre

**[0074]** Il est aussi envisageable d'appliquer l'étape de filtrage à la commande en débit issue de l'étape E2. L'étape de détermination de la commande en position E3 se fait alors à partir d'une donnée de commande en débit filtrée. Ce mode de réalisation est illustré en **figure 5**.

**[0075]** Des modes de réalisation avec des seuils d'activation et de désactivation peuvent aussi être mis en œuvre.

#### **Revendications**

1. Procédé de commande d'une vanne de contrôle (20) d'une turbomachine, ladite vanne servant à contrôler le jeu entre une aube de turbine et un carter par injection d'air sur le carter, la turbomachine fonctionnant en régime moteur à une valeur de croisière ( $Vc$ ) et oscillant autour de sa valeur de croisière ( $Vc$ ), le procédé étant mis en œuvre par une unité de calcul (40), et étant **caractérisé en ce qu'il** comprend une étape de détermination pour la vanne de contrôle (20) d'une commande en position, filtrée des oscillations du régime moteur autour de la valeur de croisière ( $Vc$ ).
2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel le filtrage est effectué à l'aide d'un filtre passe-bas dont une fréquence de coupure ( $fc$ ) est supérieure à une fréquence ( $fr$ ) associée au temps de réponse thermique du carter (16).
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, dans lequel l'étape de détermination comprend les sous-étapes suivantes :
  - (E1) réception des données quantifiant le régime moteur de la turbomachine,
  - (E2) détermination d'une commande en débit à partir des données quantifiant le régime moteur,
  - (E3) détermination d'une commande en position à partir de la commande en débit, ladite commande en position étant destinée à la vanne de contrôle,
  - (Ef) filtrage de la commande en position issue de l'étape de détermination de la commande en position (E3).
4. Procédé selon la revendication 2 ou 3, dans lequel le filtre passe-bas est un filtre du premier ordre.
5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 2 à 4, dans lequel ladite vanne de contrôle (20) est destinée à alimenter en air l'intérieur d'un carter (16) pour modifier sa dilatation.
6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 2 à 5, dans lequel la fréquence de coupure ( $fc$ ) est comprise entre 0,05Hz et 0,15Hz.
7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 2 à 6 comprenant un sous-procédé de désactivation de l'étape de filtrage de la commande (Ef) mis en œuvre par l'unité de calcul (40), ledit sous-procédé comprenant les étapes suivantes :
  - (E51) détermination du gradient de la comman-

- de en position issue de l'étape de détermination d'une commande en position (E3),  
 - (E52) comparaison de ce gradient à un seuil de désactivation (Sg),  
 - (E53) désactivation du filtre si le gradient est supérieur audit seuil (Sg). 5
8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 2 à 7, comprenant un sous-procédé d'activation de l'étape de filtrage (Ef) mis en œuvre par l'unité de calcul (40), ledit sous-procédé comprenant les étapes suivantes : 10
- (E61) détermination du gradient de la commande en position issue de l'étape de détermination d'une commande en position (E3), 15  
 - (E62) comparaison de ce gradient à un seuil d'activation (Sg'),  
 - (E63) activation du filtre si le gradient est inférieur audit seuil (Sg') pendant au moins une durée de confirmation (T), et préférablement si l'altitude, le régime moteur et le Mach vérifient aussi chacun une certaine valeur. 20
9. Procédé selon la revendication 2, dans lequel l'étape de détermination comprend les sous-étapes suivantes : 25
- (E1) réception des données quantifiant le régime moteur de la turbomachine, 30  
 - (Ef) filtrage sur données des données quantifiant le régime moteur issue de l'étape précédente,  
 - (E2, E3) détermination d'une commande en position destinée à la vanne de contrôle (20). 35
10. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, dans lequel le filtrage est effectué à l'aide d'un filtre passe-bas dont une fréquence de coupure (fc) est inférieure à une fréquence (fo) des oscillations du régime moteur autour de la valeur de croisière (Vc). 40
11. Système de commande d'une vanne de contrôle (20) d'une turbomachine fonctionnant en régime moteur à une valeur de croisière (Vc), ladite vanne de contrôle (20) étant destinée à alimenter en air un carter (16) pour modifier sa dilatation, ledit système comprenant une vanne de contrôle et une unité de calcul (40), comprenant un bloc de filtration filtrant des oscillations du régime moteur autour de la valeur de croisière (Vc), l'unité de calcul (40) étant configurée pour mettre en œuvre le procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, le bloc de filtration mettant en œuvre l'étape de filtrage. 45 50 55
12. Turbomachine comprenant un système selon la revendication 11.

## Patentansprüche

- Verfahren zum Steuern eines Steuerventils (20) einer Turbomaschine, wobei das Ventil zum Steuern des Spiels zwischen einer Turbinenschaufel und einem Gehäuse durch Einleiten von Luft über das Gehäuse dient, wobei die Turbomaschine im Motormodus mit einem Reiseflugwert (Vc) arbeitet und um ihren Reiseflugwert (Vc) schwankt, wobei das Verfahren von einer Recheneinheit (40) durchgeführt wird, und **dadurch gekennzeichnet ist, dass** es einen Bestimmungsschritt für das Steuerventil (20) einer von den Schwankungen des Motormodus um den Reiseflugwert (Vc) gefilterte Positionssteuerung umfasst.
- Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Filtern mit Hilfe eines Tiefpassfilters durchgeführt wird, von dem eine Kappungsfrequenz (fc) höher als eine der thermischen Antwortzeit des Gehäuses (16) zugeordnete Frequenz (fr) ist.
- Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei der Bestimmungsschritt die folgenden Unterschritte umfasst:
  - (E1) Empfangen der Daten, die den Motormodus der Turbomaschine quantifizieren,
  - (E2) Bestimmen einer Durchsatzsteuerung auf der Basis der den Motormodus quantifizierenden Daten,
  - (E3) Bestimmen einer Positionssteuerung auf der Basis der Durchsatzsteuerung, wobei die Positionssteuerung für das Steuerventil bestimmt ist,
  - (Ef) Filtern der Positionssteuerung, die aus dem Bestimmungsschritt der Positionssteuerung (E3) hervorgegangen ist.
- Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, wobei der Tiefpassfilter ein Filter der ersten Ordnung ist.
- Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 4, wobei das Steuerventil (20) zur Versorgung des Inneren eines Gehäuses (16) mit Luft bestimmt ist, um seine Ausdehnung zu ändern.
- Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 5, wobei die Kappungsfrequenz (fc) zwischen 0,05 Hz und 0,15 Hz liegt.
- Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 6, umfassend ein Unterverfahren des Deaktivierens des Filterschritts der Steuerung (Ef), der von der Recheneinheit (40) durchgeführt wird, wobei das Unterverfahren die folgenden Schritte umfasst:

- (E51) Bestimmen des aus dem Bestimmungsschritt einer Positionssteuerung (E3) hervorgegangenen Gradienten der Positionssteuerung,
  - (E52) Vergleichen dieses Gradienten mit einem Deaktivierungsgrenzwert (Sg),
  - (E53) Deaktivieren des Filters, wenn der Gradient über dem Grenzwert (Sg) liegt.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 7, umfassend ein Unterverfahren des Aktivierens des Filterschritts (Ef), der von der Recheneinheit (40) durchgeführt wird, wobei das Unterverfahren die folgenden Schritte umfasst:
- (E61) Bestimmen des aus dem Bestimmungsschritt einer Positionssteuerung (E3) hervorgegangenen Gradienten der Positionssteuerung,
  - (E62) Vergleichen dieses Gradienten mit einem Aktivierungsgrenzwert (Sg'),
  - (E63) Aktivieren des Filters, wenn der Gradient während mindestens einer Bestätigungsdauer (T) unter dem Grenzwert (Sg') liegt und vorzugsweise, wenn die Höhe, der Motormodus und das Mach ebenfalls jeweils einen bestimmten Wert bestätigen.
9. Verfahren nach Anspruch 2, wobei der Bestimmungsschritt die folgenden Unterschritte umfasst:
- (E1) Empfangen der Daten, die den Motormodus der Turbomaschine quantifizieren,
  - (Ef) Filtern über Daten der den Motormodus quantifizierenden Daten, die aus dem vorhergehenden Schritt hervorgegangen sind,
  - (E2, E3) Bestimmen einer Positionssteuerung, die für das Steuerventil (20) bestimmt ist.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei das Filtern mit Hilfe eines Tiefpassfilters durchgeführt wird, von dem eine Kappungsfrequenz (fc) niedriger als eine Frequenz (fo) der Schwankungen des Motormodus um den Reiseflugwert (Vc) ist.
11. System zum Steuern eines Steuerventils (20) einer Turbomaschine, die im Motormodus in einem Reiseflugwert (Vc) arbeitet, wobei das Steuerventil (20) zur Versorgung eines Gehäuses (16) mit Luft bestimmt ist, um seine Ausdehnung zu ändern, wobei das System ein Steuerventil und eine Recheneinheit (40) umfasst, umfassend einen Filterblock, der Schwankungen des Motormodus um den Reiseflugwert (Vc) filtert, wobei die Recheneinheit (40) ausgelegt ist, um das Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10 durchzuführen, wobei der Filterblock den Filterschritt durchführt.
12. Turbomaschine, umfassend ein System nach Anspruch 11.

## Claims

1. A method for controlling a valve (20) for monitoring a turbomachine, said valve being intended to monitor the clearance between a turbine blade and a casing by injection of air on the casing, the turbomachine operating in engine speed at a cruise value (Vc) and oscillating about its cruise value (Vc), the method being implemented by a calculation unit (40), and being **characterized in that** it comprises a step of determining, for the monitoring valve (20), a position command, filtered from the oscillations of the engine speed about the cruise value (Vc).
2. The method according to claim 1, wherein the filtering is carried out using a low-pass filter whose cutoff frequency (fc) is greater than a frequency (fr) associated with the thermal response time of the casing (16).
3. The method according to claim 1 or 2, wherein the determination step comprises the following sub-steps:
  - (E1) receiving data quantifying the engine speed of the turbomachine,
  - (E2) determining a flow rate command from the data quantifying the engine speed,
  - (E3) determining a position command from the flow rate command, said position command being intended for the monitoring valve,
  - (Ef) Filtering the position command resulting from the step of determining the position command (E3).
4. The method according to claim 2 or 3, wherein the low-pass filter is a first-order filter.
5. The method according to any one of claims 2 to 4, wherein said monitoring valve (20) is intended to supply air to the inside of a casing (16) in order to modify its expansion.
6. The method according to any one of claims 2 to 5, wherein the cutoff frequency (fc) is comprised between 0.05Hz and 0.15Hz.
7. The method according to any one of claims 2 to 6 comprising a sub-method for deactivating the command filtering step (Ef), implemented by the calculation unit (40), said sub-method comprising the following steps:
  - (E51) determining the gradient of the position command resulting from the step of determining a position command (E3),
  - (E52) comparing this gradient with a deactiva-

tion threshold (Sg),

- (E53) deactivating the filter if the gradient is greater than said threshold (Sg).

8. The method according to any one of claims 2 to 7, comprising a sub-method for activating the filtering step (Ef) implemented by the calculation unit (40), said sub-method comprising the following steps:

- (E61) determining the gradient of the position command resulting from the step of determining a position command (E3),  
 - (E62) comparing this gradient with an activation threshold (Sg'),  
 - (E63) activating the filter if the gradient is smaller than said threshold (Sg') during at least one confirmation period (T), and preferably if the altitude, the engine speed and the Mach also each verify a certain value.

9. The method according to claim 2, wherein the determination step comprises the following sub-steps:

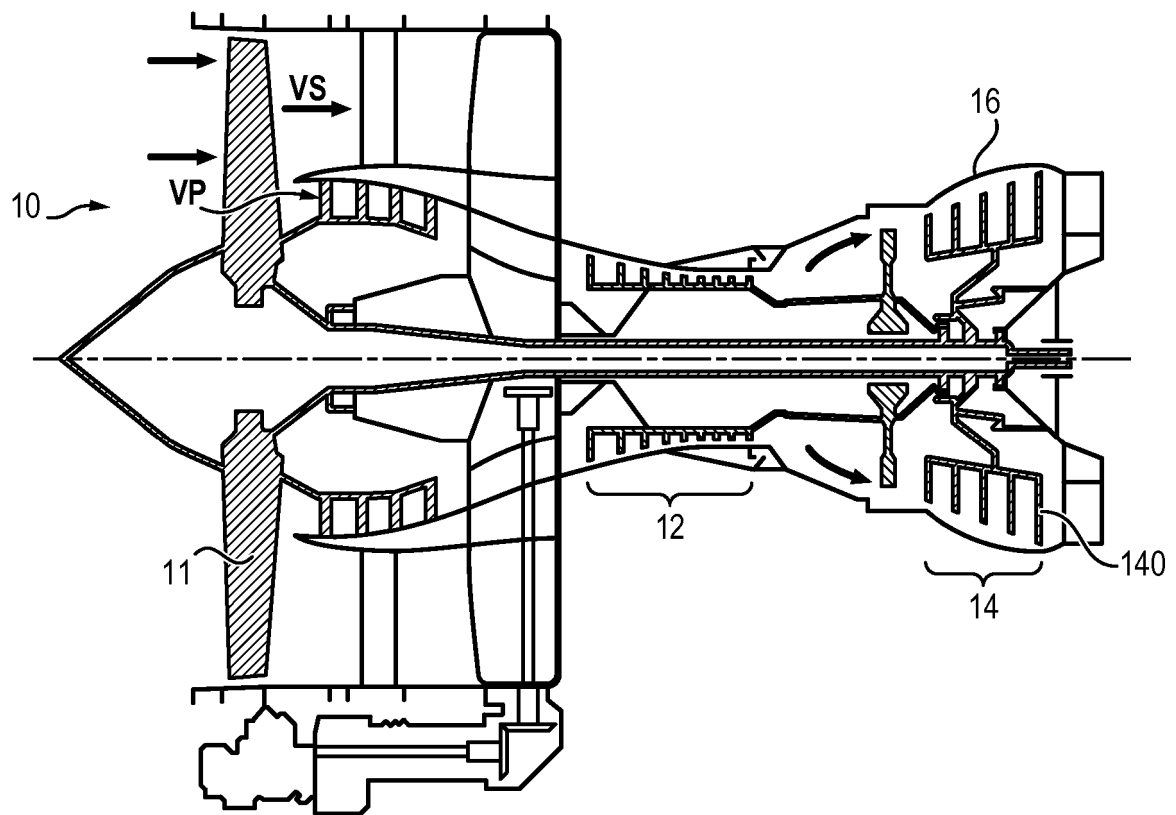
- (E1) receiving data quantifying the engine speed of the turbomachine,  
 - (Ef) data-filtering the data quantifying the engine speed resulting from the preceding step,  
 - (E2, E3) determining a position command intended for the monitoring valve (20).

10. The method according to any one of claims 1 to 9, wherein the filtering is carried out using a low-pass filter whose cutoff frequency (fc) is less than a frequency (fo) of the engine speed oscillations about the cruise value (Vc).

11. A system for controlling a valve (20) for monitoring a turbomachine operating in engine speed at a cruise value (Vc), said monitoring valve (20) being intended to supply air to a casing (16) in order to modify its expansion, said system comprising a monitoring valve and a calculation unit (40), comprising a filtration block filtering engine speed oscillations about the cruise value (Vc), the calculation unit (40) being configured to implement the method according to any one of claims 1 to 10, the filtration block implementing the filtering step.

12. A turbomachine comprising a system according to claim 11.

FIG. 1a



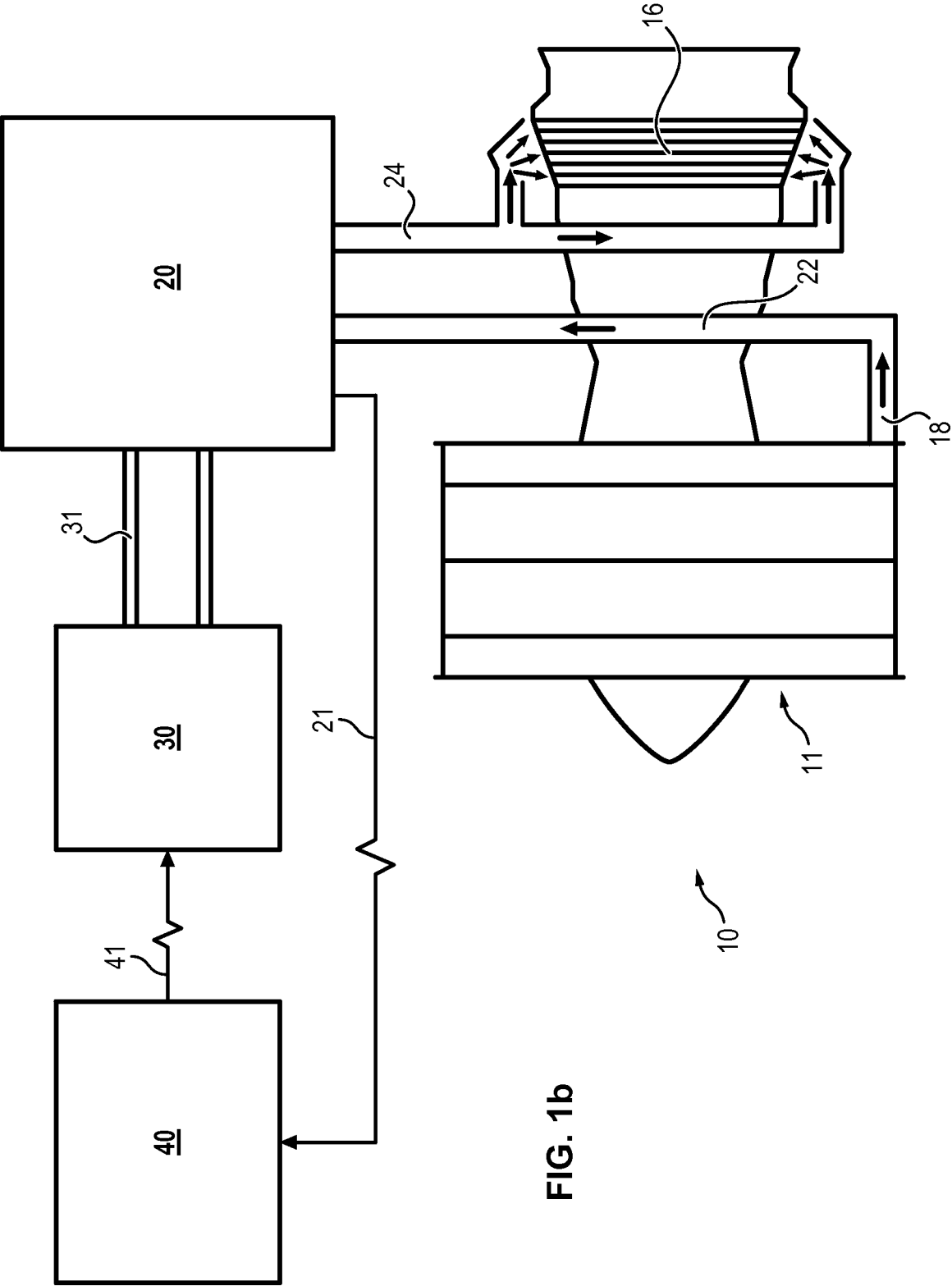


FIG. 1b

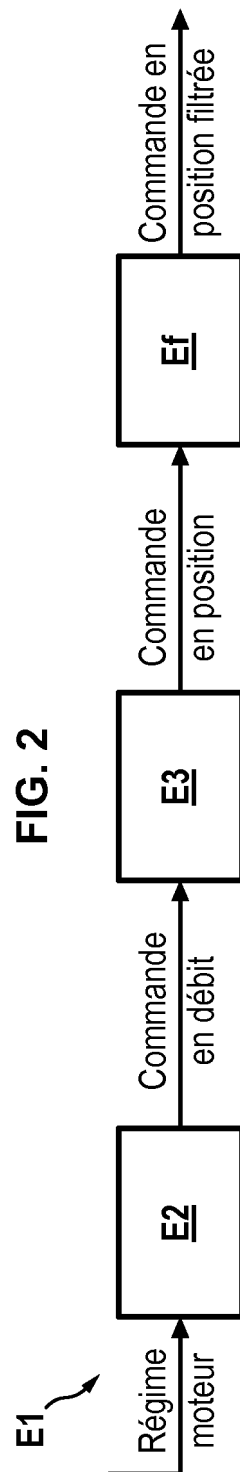


FIG. 3

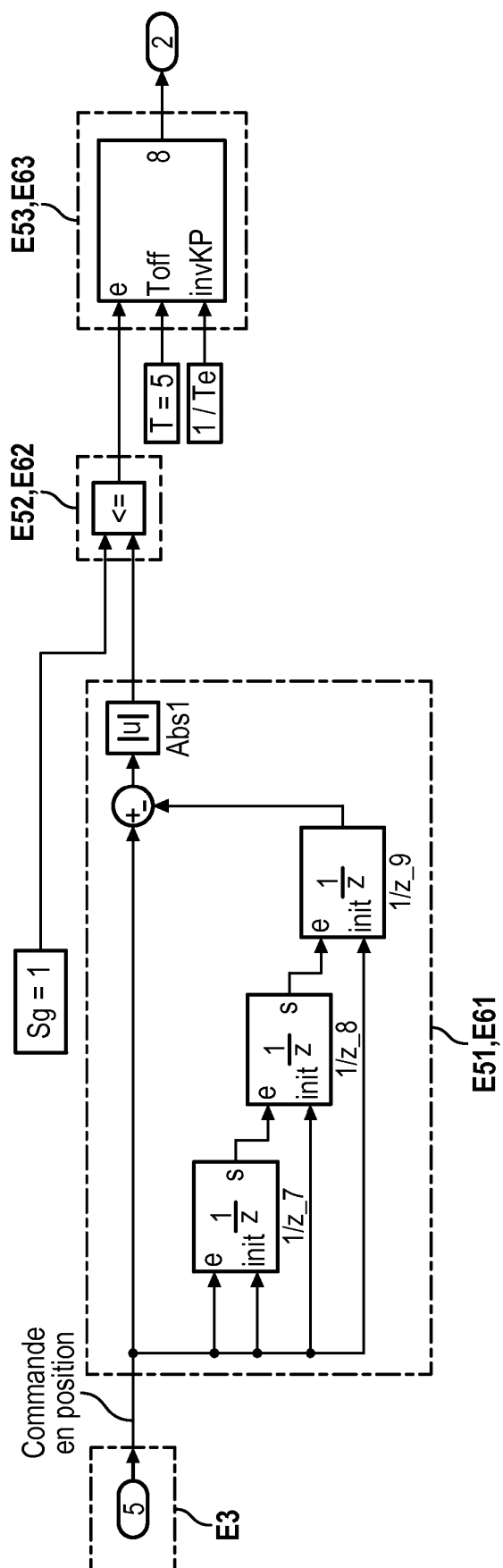


FIG. 4

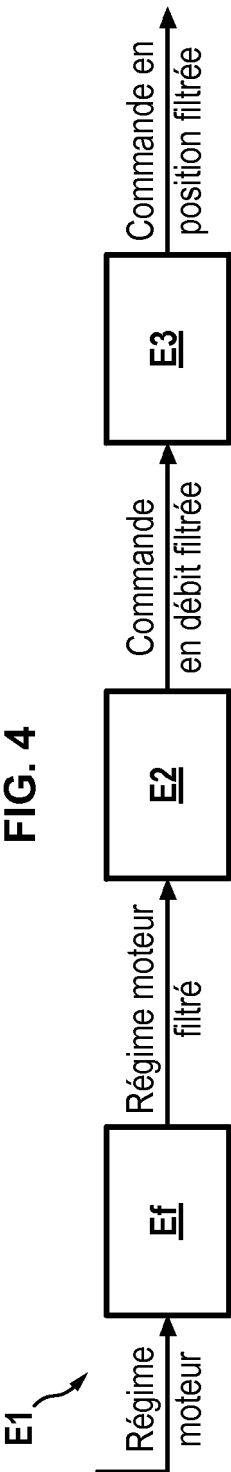
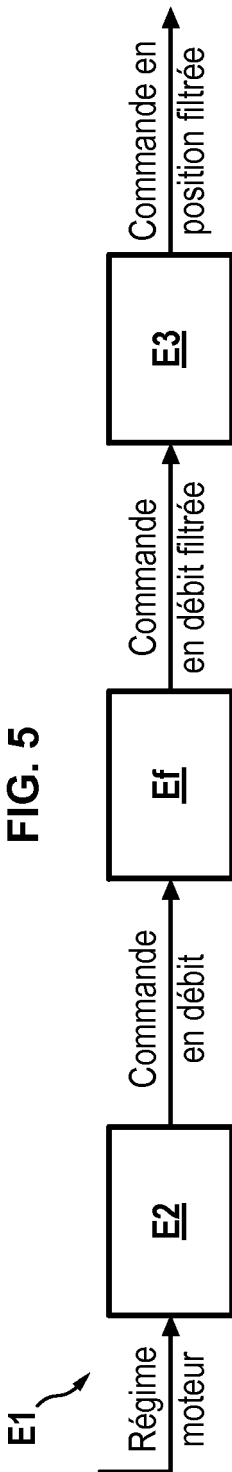


FIG. 5



**RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION**

*Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.*

**Documents brevets cités dans la description**

- WO 2007086893 A [0013]