



República Federativa do Brasil
Ministério do Desenvolvimento, Indústria
e do Comércio Exterior
Instituto Nacional da Propriedade Industrial.

(21) **PI0706808-5 A2**



* B R P I 0 7 0 6 8 0 8 A 2 *

(22) Data de Depósito: 10/01/2007
(43) Data da Publicação: 05/04/2011
(RPI 2100)

(51) *Int.Cl.:*
G08G 5/02
B64D 45/04
G01S 5/14
G01C 21/00

(54) Título: **SISTEMA DE PILOTAGEM DE UMA AERONAVE E AERONAVE**

(30) Prioridade Unionista: 11/01/2006 FR 0600247

(73) Titular(es): Airbus France

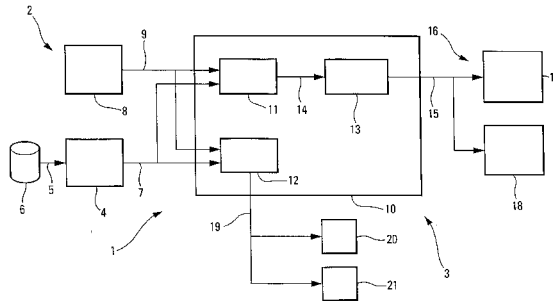
(72) Inventor(es): Edith Renault, Franck Laine, Vincent Markiton

(74) Procurador(es): Antonio Maurício Pedras Arnaud

(86) Pedido Internacional: PCT FR2007000037 de 10/01/2007

(87) Publicação Internacional: WO 2007/080314 de 19/07/2007

(57) **Resumo:** SISTEMA DE PILOTAGEM DE UMA AERONAVE E AERONAVE Sistema de pilotagem de uma aeronave, pelo menos para pilotar a aeronave no momento de uma aproximação autônoma em vista de uma aterrissagem. O sistema de pilotagem (1) comporta um calculador de direção de voo (10) que compreende um meio (11) para calcular diretamente com ajuda de uma indicação de posição e de informações caracterizadoras de um eixo de aproximação virtual, os desvios lineares, e um meio (13) para calcular, com ajuda dos mencionados desvios lineares as anotações de pilotagem da aeronave.





PI0706208-5

"SISTEMA DE PILOTAGEM DE UMA AERONAVE E AERONAVE"

Campo da invenção

A presente invenção refere-se a um sistema de pilotagem de uma aeronave, pelo menos para pilotar a aeronave durante uma aproximação autônoma em vôo de uma aterrissagem, em particular no domínio militar.

Uma aproximação autônoma deve permitir fazer voar a aeronave em condições meteorológicas de vôo nos instrumentos do tipo IMC ("Instrument Meteorological Conditions" em Inglês), até uma altura de decisão, por exemplo, 200 pés (aproximadamente 60 metros), que corresponde à altura de decisão de uma aproximação de precisão do tipo ("Instrument Landing System" em Inglês, isto é, sistema de aterrissagem por instrumentos), sem utilização de meios de navegação situados no solo.

Durante tal aproximação autônoma os meios de posicionamento utilizados pela aeronave são, portanto, exclusivamente os meios embarcados, e especialmente um sistema de posicionamento por satélites, por exemplo, do tipo GPS ("Global Positioning System" em Inglês), uma central inercial e sensores barométricos. A aproximação pode ser igualmente realizada sem controlador do espaço aéreo. Na mencionada altura de decisão, a tripulação da aeronave deve reconhecer visualmente a pista. Se for esse o caso, ela termina a aterrissagem em modo visual com ajuda de uma condução manual. Por outro lado, se a esta altura de decisão a tripulação não enxerga a pista, ela deve efetuar uma aceleração de maneira que faça remontar a aeronave a uma altitude de segurança pré-determinada. A trajetória de aproximação utilizada para realizar tal aproximação autônoma é criada antes do vôo e descrita em um mapa de papel que está à disposição da tripulação no curso do vôo. Para fazer assim, a configuração do terreno em torno da pista de aterrissagem tem sido analisada e as margens em relação aos obstáculos têm sido definidas. Esta trajetória de aproximação é igualmente preservada em uma base de dados do sistema de pilotagem da aeronave.

Pelo documento FR-2 852 686, é conhecido um sistema de pilotagem de uma aeronave destinado a pilotar a aeronave durante uma aproximação de não precisão. Este sistema de pilotagem é principalmente utilizado no domínio civil. Um sistema tal de pilotagem usual, o qual se refere, portanto, a uma aproximação de não precisão apresenta um objetivo maior comum a uma aproximação autônoma, como a considerada na presente invenção, ou seja, que o mencionado sistema de pilotagem deve ser autônomo em relação aos meios de navegação situados no solo e deve assim poder realizar a aproximação em qualquer sítio do globo terrestre.

Um sistema tal de pilotagem usual destinado a uma aproximação de não precisão geralmente comporta:

15 - um sistema de gestão de vôo do tipo FMS ("Flight Management System" em Inglês), que determina a posição efetiva da aeronave e, isso:

• no caso nominal, efetuando uma hibridação de informações GPS ("Global Positioning System" em Inglês) de um receptor multimodal de apoio na aterrissagem do tipo MMR ("Multi Mode Receiver" em Inglês) com as informações inerciais saídas de uma unidade de referência inercial, e

• nos casos degradados, efetuando uma hibridação das informações inerciais com as informações de navegação por radio;

- um receptor multimodal de apoio à aterrissagem, do tipo MMR, que recebe, em particular do mencionado sistema de gestão de vôo, a posição efetiva da aeronave e as informações que permitem caracterizar um eixo de aproximação virtual, e que determina a partir destas informações de desvios angulares laterais e verticais entre a posição efetiva da aeronave e a posição que teria se estivesse sobre o mencionado eixo de aproximação virtual;

- uma calculadora de direção de vôo do tipo FG ("Flight Guidance" em Inglês) que calcula, a partir dos desvios

angulares recebidos do mencionado receptor multimodal de apoio à aterrissagem, e a partir da distância com relação ao eixo da pista de aterrissagem, os desvios lineares e que utiliza estes desvios lineares para calcular, com
5 ajuda de pelo menos uma lei de pilotagem usual, as anotações de condução da aeronave; e

- pelo menos um dispositivo de apoio à pilotagem, por exemplo, um piloto automático ou um diretor de vôo, que permite a condução da aeronave até sua aterrissagem,
10 conforme as mencionadas anotações de vôo e, seja isto automaticamente (piloto automático), seja manualmente (diretor de vôo).

Nota-se, porém, que os objetivos de uma aproximação autônoma, em particular no domínio militar, são mais
15 ambiciosos que os de uma aproximação de não precisão do tipo antes mencionado no domínio civil. Em particular, as alturas de decisão consideradas são no mínimo de 200 pés (aproximadamente 60 metros) para uma aproximação autônoma, enquanto que elas são de no mínimo 250 pés
20 (aproximadamente 75 metros) para uma aproximação de não precisão. Em consequência, o cone de segurança no qual deve ficar a aeronave para efetuar a aproximação é menor na aproximação autônoma que na aproximação de não precisão. Além disso, em aproximação autônoma, a ausência
25 de controlador aéreo suprime um meio de supervisão, em relação à situação existente por uma aproximação de não precisão no domínio civil.

Assim, o sistema de pilotagem usual do tipo mencionado, o qual é bem apropriado para pilotar uma aeronave durante
30 uma aproximação de não precisão, não permite garantir:

- nem a manutenção dos desempenhos exigidos para uma aproximação autônoma, os desempenhos mais exigentes sendo a integridade e a precisão do posicionamento vertical da aeronave, assim como a flexibilidade do piloto automático
35 permitindo capturar os segmentos de comprimentos insuficientes e manter com precisão os declives tênues e fortes;

- nem o respeito do caráter crítico de certos parâmetros (em particular o eixo de aproximação virtual segundo o qual será guiada a aeronave, assim como a posição em três dimensões da mencionada aeronave) utilizados pelo sistema de pilotagem.

5 A presente invenção tem por objetivo remediar esses inconvenientes. Ela se refere a um sistema de pilotagem que permite aplicar uma aproximação autônoma do tipo mencionado, garantindo ao mesmo tempo a manutenção dos desempenhos exigidos e o respeito do caráter crítico de

10 certos parâmetros utilizados.

A este efeito, segundo a invenção, o mencionado sistema de pilotagem do tipo comporta pelo menos:

- as fontes de informação que fornecem pelo menos uma

15 indicação da posição relativa à posição efetiva em três dimensões da aeronave e as informações que permitem caracterizar um eixo de aproximação virtual; e

-os meios de tratamento que processam as informações saídas das mencionadas fontes de informação, os quais são

20 susceptíveis de determinar os desvios entre a posição efetiva da aeronave e a posição que teria se estivesse sobre o mencionado eixo de aproximação virtual, e que utilizam os resultados desses processamentos,

é notável pelo fato de que os mencionados meios de

25 processamento fazem parte de um calculador de direção de vôo que comporta:

- um primeiro meio de cálculo para calcular diretamente com ajuda da mencionada indicação de posição e das mencionadas informações caracterizando o eixo de

30 aproximação virtual, os desvios lineares (ou métricos) entre a posição efetiva da aeronave e o mencionado eixo de aproximação virtual;

-um segundo meio de cálculo para calcular diretamente com ajuda da mencionada indicação de posição e as mencionadas

35 informações caracterizando o eixo de aproximação virtual, os desvios angulares laterais e verticais entre a posição efetiva da aeronave e a posição que ela teria se

estivesse sobre o mencionado eixo de aproximação virtual;
e

- um terceiro meio de cálculo para calcular, com ajuda dos desvios lineares calculados pelo mencionado primeiro meio de cálculo, as anotações de pilotagem da aeronave.

Assim, graças à invenção, o sistema de pilotagem não consta de receptor multimodal de apoio à aterrissagem diferente de um sistema de pilotagem usual mencionado anteriormente, e o calculador de direção de vôo calcula diretamente, com ajuda da indicação de posição e das informações caracterizando o eixo de aproximação virtual, os desvios lineares que são utilizados para calcular as anotações de pilotagem. Isto evita realizar as conversões de desvios angulares em desvios lineares, como as realizadas no sistema de pilotagem usual anteriormente mencionado. O sistema de pilotagem segundo a invenção permite igualmente aumentar a flexibilidade de um meio de apoio à pilotagem, em particular, um piloto automático utilizado.

Além disso, o fato de realizar o cálculo dos desvios lineares e o cálculo das anotações da condução em somente um calculador de direção de vôo permite diminuir os tempos de latência.

Conseqüentemente, graças ao sistema de pilotagem segundo a invenção, otimiza-se a direção de maneira a poder voar com as mesmas leis de direção os declives fracos e os declives fortes e a poder capturar os eixos de aproximação relativamente curtos.

Além disso, como o sistema de pilotagem segundo a invenção não comporta um receptor multimodal de apoio à aterrissagem (a diferença do sistema de pilotagem usual antes mencionado), ele apresenta uma arquitetura simplificada.

Por outro lado, vantajosamente, os mencionados recursos de informações comportam:

- um calculador de gestão de vôo que está associado a uma base de dados contendo pelo menos as mencionadas

informações permitido caracterizar o mencionado eixo de aproximação virtual; e/ou

- um sistema de posicionamento que permite determinar a posição efetiva em três dimensões da aeronave, unicamente
5 com a ajuda dos meios embarcados.

Em um modo de concretização particular, o sistema de pilotagem segundo a invenção comporta, ademais, pelo menos um meio de apoio à pilotagem, por exemplo, um piloto automático ou um diretor de vôo, que é conectado
10 ao mencionado calculador de direção de vôo e que utiliza as mencionadas anotações de direção para ajudar a pilotar a aeronave.

Ademais, o mencionado sistema de pilotagem comporta, além disso, meios auxiliares que são conectados ao mencionado
15 calculador de direção de vôo e que utilizam os mencionados desvios angulares laterais e verticais, a saber em particular, um sistema de controle e de visualização do tipo CDS ("Control and Display System" em Inglês) que mostra os desvios angulares sobre pelo menos
20 uma tela do posto de pilotagem ou um sistema de supervisão de vôo do tipo FWS ("Flight Warning System" em Inglês) que utiliza os mencionados desvios angulares para realizar as supervisões.

Descrição das figuras

25 A única figura do projeto anexada fará compreender bem como a invenção pode ser concretizada. Esta figura única é o esquema sinóptico de um sistema de pilotagem segundo a invenção.

Descrição da invenção

30 O sistema 1 segundo a invenção e representado esquematicamente na figura está destinado à pilotagem de uma aeronave, em particular de um avião de transporte militar. Mais particularmente, ele tem como fim pelo menos pilotar a aeronave durante uma aproximação autônoma
35 (quer dizer, na ausência de informações que permitam aplicar uma aproximação usual de precisão com instrumentos) em vista de uma aterrissagem sobre uma

pista de aterrissagem (não representada).

O mencionado sistema de pilotagem 1 que é embarcado na mencionada aeronave (não representada) é do tipo que comporta:

- 5 - as fontes de informação 2 especificadas abaixo, que geram pelo menos uma indicação de posição relativa à posição efetiva em três dimensões da aeronave, assim como as informações que permitem caracterizar um eixo de aproximação virtual, para aproximá-la à pista de aterrissagem. Bem entendido, essas informações, consideradas na aproximação autônoma da presente invenção, não compreendem os dados saídos de estações de direção situadas em solo, como no caso de uma aproximação de precisão por instrumentos, por exemplo, e
- 10
- 15 - os meios de processamento 3 que recebem as informações antes mencionadas das fontes de informação 2, os quais são susceptíveis de determinar os desvios entre a posição efetiva da aeronave e a posição que ela teria se estivesse sobre o mencionado eixo de aproximação virtual, e que utilizam os resultados desses processamentos como especificado abaixo.
- 20

Em um modo de concretização particular, as mencionadas fontes de informações 2 comportam:

- um calculador de gestão de voo 4, do tipo FMS ("Flight Management System" em Inglês) por exemplo, que é conectado:
- 25
- por intermédio de uma conexão 5 a uma base de dados 6 que contém pelo menos as mencionadas informações permitindo caracterizar o mencionado eixo de aproximação virtual; e
 - 30 • por intermédio de uma conexão 7 aos mencionados meios 3; e
- um sistema de posicionamento 8, que é conectado por intermédio de uma conexão 9 aos mencionados meios 3 e que está formado de maneira a determinar a posição efetiva atual em três dimensões (quer dizer, em latitude, longitude e altitude) da aeronave, e isso unicamente com
- 35

a ajuda dos meios embarcados especificados abaixo.

Segundo a invenção, os mencionados meios de processamento 3 fazem parte de um computador de direção de vôo 10 do tipo FG ("flight guidance" em Inglês), que comporta:

- 5 - um meio de cálculo 11 que é conectado por intermédio da conexão 7 ao mencionado sistema de gestão 4 e por intermédio da conexão 9 ao mencionado sistema de posicionamento 8, o qual recebe a mencionada indicação de posição do mencionado sistema de posicionamento 8 e as
10 informações caracterizando o eixo de aproximação virtual do mencionado sistema de gestão de vôo 4 (o qual extrai essas informações da base dados 6), e que calcula diretamente com ajuda de todas essas informações, da
15 maneira especificada abaixo, os desvios lineares (ou métricos). Esses desvios lineares representam as distâncias lineares perpendiculares (expressadas, por exemplo, em metros) entre a posição efetiva da aeronave e o eixo de aproximação virtual, uma primeira distância sendo calculada no plano horizontal e uma segunda
20 distância sendo calculada no plano vertical;
- um meio de cálculo 12 que é conectado às mencionadas conexões 7 e 9 e que calcula, com ajuda das informações antes mencionadas, de forma usual, os desvios angulares laterais e verticais entre a posição efetiva da aeronave
25 e a posição que ela teria se estivesse sobre o mencionado eixo de aproximação virtual; e
- um meio de cálculo 13 que é conectado por intermédio de uma conexão 14 ao mencionado meio de cálculo 11 e que está formado de maneira a calcular, diretamente com ajuda
30 dos desvios lineares recebidos do mencionado meio de cálculo 11, as anotações de pilotagem da aeronave, as anotações de pilotagem assim calculadas podem ser transmitidas pelo intermédio de uma conexão 15 aos meios 16 de apoio à pilotagem.
- 35 Os mencionados meios 16 utilizam as anotações de pilotagem recebidas do mencionado computador de direção de vôo 10 para permitir a direção da aeronave até sua

aterrissagem, seja diretamente (os mencionados meios 16 podem compreender para esse efeito um piloto automático usual 17) seja indiretamente (os mencionados meios 16 podem então compreender um diretor de vôo 18 usual, para
5 apresentar as anotações de pilotagem ao piloto que realiza nesse caso a condução manualmente).

A diferença de um sistema de pilotagem usual que permite pilotar a aeronave durante uma aproximação de não precisão, os desvios angulares verticais e laterais que
10 são calculados de forma usual pelo meio de cálculo 12 não são utilizados para determinar os desvios lineares (que são calculados diretamente pelo meio de cálculo 11 no quadro da presente invenção). Entretanto esses desvios angulares laterais e verticais podem ser transmitidos,
15 por intermédio de uma conexão 19, aos dispositivos utilizadores, e em particular:

- a um sistema de visualização e de controle 20, por exemplo do tipo CDS ("Control and Display System" em Inglês), que mostra os mencionados desvios angulares
20 sobre pelo menos uma tela do posto de pilotagem da aeronave; e

- um sistema de alerta e de supervisão, por exemplo, do tipo FWS ("Flight Warning System" em Inglês) que utiliza esses desvios para realizar as supervisões usuais.

25 Assim, quando durante um vôo da aeronave o piloto decide realizar uma aproximação autônoma (seguindo um eixo de aproximação virtual) em vista de uma aterrissagem sobre uma pista, ele seleciona este modo de aproximação com a ajuda de uma interface homem/máquina prevista de forma
30 usual no sistema de gestão de vôo 4. O mencionado sistema de vôo 4 extrai então as informações que permitem caracterizar o eixo de aproximação virtual da base de dados 6 que é uma base de dados de navegação da aeronave. Essas informações são transmitidas em tempo real ao
35 calculador de direção de vôo 10. O sistema de posicionamento 8 fornece igualmente ao mencionado calculador de direção de vôo 10, em tempo real, a posição

efetiva atual em três dimensões da aeronave, que consta da posição em duas dimensões (latitude, longitude) no plano horizontal assim como da altitude geométrica. Com a ajuda do mencionado eixo de aproximação e da mencionada
5 posição em três dimensões, o calculador de direção de vôo
10 calcula ao mesmo tempo:

- os desvios angulares que são mostrados sobre uma tela do sistema de visualização e de controle 20 e que são utilizados para as supervisões pelo sistema de alerta 21;

10 e

- os desvios lineares que o mencionado calculador de direção de vôo 10 utiliza para determinar as anotações de pilotagem que são transmitidas por intermédio da conexão
15 aos meios utilizadores 16.

15 A especificidade da arquitetura do sistema de pilotagem 1 segundo a invenção (utilizada para uma aproximação autônoma) é o fato de calcular os desvios lineares diretamente no calculador de direção de vôo 10, o qual permite otimizar a cadeia de direção.

20 Em um modo de concretização particular, o mencionado sistema de posicionamento 8 para determinar a posição efetiva atual em 3D da aeronave comporta:

- um dispositivo de posicionamento por satélites;

- captadores barométricos; e

25 - as centrais inerciais da aeronave.

Como dispositivo de posicionamento por satélites, utiliza-se de preferência um sistema GPS ("Global Positioning System" em Inglês) do tipo militar. Entretanto é igualmente factível utilizar um sistema de
30 navegação global por satélites do tipo GNSS ("Global Navigation Satellite System" em Inglês), um sistema de aumento baseado nos satélites do tipo SBAS ("Satellite Based Augmentation System" em Inglês) ou um sistema de posicionamento por satélites do tipo GALILEO.

35 Em um modo de concretização particular, o mencionado sistema de posicionamento 8 e o mencionado calculador de direção de vôo 10 são realizados cada um a partir de três

elementos, isto é, três unidade de posicionamento e três calculadores. Neste caso, cada uma das três unidades de posicionamento calcula uma posição em duas dimensões e uma altitude híbrida que envia aos três calculadores.

5 Cada calculador consolida uma posição em duas dimensões e uma altitude a partir de dos três dados recebidos. O sistema de posicionamento 8 determina, em função de considerações técnicas tais como a constelação dos satélites, uma precisão e um nível de integridade das

10 posições calculadas. Se esses parâmetros são inferiores aos resultados requeridos para uma aproximação autônoma, o sistema de posicionamento 8 envia uma mensagem ao calculador de gestão de vôo 4 que declara a aproximação autônoma indisponível à tripulação, por exemplo, por

15 intermédio de um visualizador, em particular sobre uma tela do sistema de visualização e de controle 20. As características precedentes permitem assegurar a utilização da posição em três dimensões da aeronave na condução. Além disso, a utilização direta desta posição

20 em três dimensões pelo calculador de direção de vôo 10 permite otimizar o tempo de latência e, em conseqüência, a precisão da comparação, especialmente em relação a uma arquitetura usual para a qual a posição é hibridizada em um sistema de gestão de vôo antes de ser utilizada por um

25 receptor multimodal de apoio à aterrissagem.

REIVINDICAÇÕES

1. Sistema de pilotagem de uma aeronave, pelo menos para pilotar a aeronave durante uma aproximação autônoma com o propósito de uma aterrissagem, o mencionado sistema de pilotagem (1) compreendendo pelo menos:

5 - as fontes de informações (2) que fornecem pelo menos uma indicação de posição relativa à posição efetiva em três dimensões da aeronave e às informações que permitem distinguir um eixo de aproximação virtual; e

10 - os meios de processamento (3) que processam as informações saídas das mencionadas fontes de informações (2), que são susceptíveis de determinar os desvios entre a posição efetiva da aeronave e a posição que ela teria se estivesse sobre o mencionado eixo de aproximação virtual, e que utilizam os resultados desses processamentos, caracterizado pelo fato de os mencionados meios de processamento (3) fazerem parte de um computador de direção de vôo (10) compreendendo:

20 - um primeiro meio de cálculo (11) para calcular diretamente com ajuda da mencionada indicação de posição e das mencionadas informações distinguindo o eixo de aproximação virtual, os desvios lineares entre a posição efetiva da aeronave e o mencionado eixo de aproximação virtual;

25 - um segundo meio de cálculo (12) para calcular diretamente com ajuda da mencionada indicação de posição e das mencionadas informações distinguindo o eixo de aproximação virtual, os desvios angulares e verticais entre a posição efetiva da aeronave e a posição que ela teria se estivesse sobre o mencionado eixo de aproximação virtual; e

30 - um terceiro meio de cálculo (13) para calcular, com ajuda dos desvios lineares calculados pelo mencionado primeiro meio de cálculo (11), as anotações de pilotagem da aeronave.

2. Sistema de pilotagem, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de as mencionadas fontes de

informações (2) compreenderem um computador de gestão de voo (4), conectado a uma base de dados (6) contendo pelo menos as mencionadas informações que permitem distinguir o mencionado eixo de aproximação virtual.

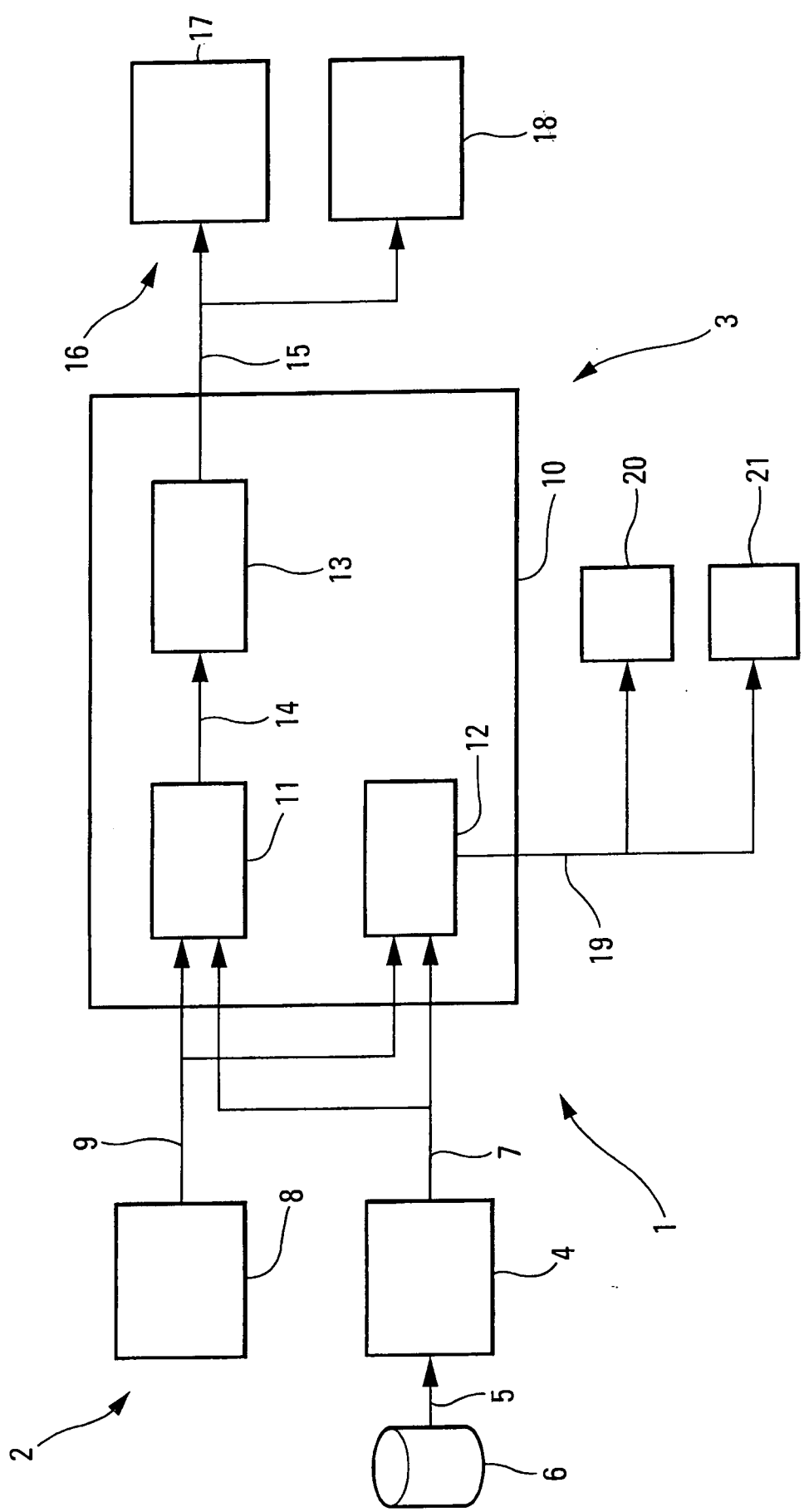
5 3. Sistema de pilotagem, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 ou 2, caracterizado pelo fato das mencionadas fontes de informações (2) compreenderem um sistema de posicionamento (8) permitindo determinar a posição efetiva em três dimensões da aeronave, unicamente
10 com ajuda de meios embarcados.

4. Sistema de pilotagem, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 3, caracterizado pelo fato de compreender ainda, pelo menos um meio (16) de apoio à pilotagem conectado ao mencionado computador de direção
15 de voo (10) utilizando as mencionadas anotações de direção para ajudar a pilotar a aeronave.

5. Sistema de pilotagem, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 3, caracterizado pelo fato de compreender ainda, os meios auxiliares (20, 21)
20 conectados ao mencionado computador de direção de voo (10) utilizando os mencionados desvios angulares laterais e verticais.

6. Aeronave, caracterizada pelo fato de compreender um sistema de pilotagem (1) tal como definida em qualquer
25 uma das reivindicações de 1 à 5.

1/1



RESUMO

"SISTEMA DE PILOTAGEM DE UMA AERONAVE E AERONAVE".

Sistema de pilotagem de uma aeronave, pelo menos para
pilotar a aeronave no momento de uma aproximação autônoma
em vista de uma aterrissagem. O sistema de pilotagem (1)
5 comporta um calculador de direção de voo (10) que
compreende um meio (11) para calcular diretamente com
ajuda de uma indicação de posição e de informações
caracterizadoras de um eixo de aproximação virtual, os
10 desvios lineares, e um meio (13) para calcular, com ajuda
dos mencionados desvios lineares as anotações de
pilotagem da aeronave.