

②② Date de dépôt : 24.12.21.

③③ Priorité :

⑥⑥ Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

☐ Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : DASSAULT AVIATION Société  
anonyme — FR.

④③ Date de mise à la disposition du public  
de la demande : 30.06.23 Bulletin 23/26.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du  
brevet d'invention : 02.02.24 Bulletin 24/05.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de  
recherche :

*Se reporter à la fin du présent fascicule*

⑦② Inventeur(s) : SAINT REQUIER Cyril, GRIMON  
Samuel, LIGIER Valentin et REYDELLET Guillaume.

⑦③ Titulaire(s) : DASSAULT AVIATION Société  
anonyme.

⑦④ Mandataire(s) : Lavoix.



## Description

### **Titre de l'invention : Architecture de commande virtualisée d'un aéronef et procédé associé**

- [0001] La présente invention concerne une architecture de commande d'au moins un élément fonctionnel d'un aéronef pilotable entre une pluralité de configurations, l'architecture comprenant :
- [0002] - au moins une interface homme-machine comportant un afficheur et une unité de gestion d'affichage sur l'afficheur, l'unité de gestion d'affichage étant configurée pour générer une commande principale en fonction d'une action d'un opérateur visant à passer l'au moins un élément fonctionnel dans une configuration cible ;
- [0003] - au moins un module de contrôle de l'au moins un élément fonctionnel apte à piloter l'au moins un élément fonctionnel entre ses configurations ;
- [0004] - au moins un module d'interfaçage configuré pour transmettre la commande principale à l'au moins un module de contrôle.
- [0005] Une telle architecture de commande virtualisée permet à un pilote, par exemple, au moyen d'un écran tactile de contrôler un élément fonctionnel de l'aéronef.
- [0006] Il existe quelques architectures virtualisées sur les aéronefs actuels. Cependant, certaines fonctions de certains éléments fonctionnels constituent des fonctions critiques qui, si elles ne sont pas exécutées de manière adéquate, peuvent mettre en danger l'intégrité de l'aéronef ou nuire à la sécurité de ses passagers.
- [0007] Il est donc impératif que la commande principale transmise à l'élément fonctionnel corresponde effectivement à la fonction que souhaite effectuer l'opérateur.
- [0008] Toutefois, dans une telle architecture de commande virtualisée, il existe une certaine probabilité que la commande principale soit corrompue, de sorte qu'elle ne corresponde pas réellement à ce que souhaite réaliser l'opérateur. Une telle corruption peut avoir lieu lors de la génération de la commande principale, ou lors de sa transmission au module d'interfaçage et/ou au module de contrôle. La corruption de la commande peut alors aboutir à la non-exécution de la fonction souhaitée par l'opérateur ou, pire encore, à l'exécution d'une fonction non-souhaitée par l'opérateur. Une telle corruption de la commande présente donc un risque substantiel pour l'aéronef. Une telle architecture n'est donc pas adaptée pour piloter des fonctions critiques de l'aéronef.
- [0009] Pour réduire ce risque, il est possible de recourir à une vérification, par l'opérateur, de la commande principale générée suite à son action sur l'interface homme-machine. Toutefois, une telle vérification peut représenter une charge de travail conséquente pour l'opérateur, notamment lors du déroulement de procédures de vol complexes.

- [0010] Un but de l'invention est de pallier cet inconvénient en améliorant la fiabilité d'une telle architecture de commande afin qu'elle permette de piloter des fonctions critiques tout en limitant la charge de travail de l'opérateur.
- [0011] A cet effet, l'invention a pour objet une architecture de commande du type précité, comprenant, en outre :
- [0012] - au moins un module de confirmation de la commande principale, configuré pour générer une commande de sécurité associée à la commande principale ; et
- [0013] - au moins un module de gestion des procédures configuré pour générer une commande suggérée en fonction d'une étape courante d'une procédure de vol en cours de l'aéronef et la transmettre à l'au moins un module de confirmation ;
- [0014] l'au moins un module de confirmation générant la commande de sécurité lorsque la commande principale correspond à la commande suggérée,
- [0015] l'au moins un module d'interfaçage étant configuré pour transmettre la commande de sécurité à l'au moins un module de contrôle,
- [0016] l'au moins un module de contrôle passant l'au moins un élément fonctionnel dans la configuration cible lorsque la commande principale correspond à une commande principale attendue de passage de l'au moins un élément fonctionnel dans la configuration cible et lorsque la commande de sécurité correspond à une commande de sécurité attendue de passage de l'au moins un élément fonctionnel dans la configuration cible.
- [0017] L'architecture de commande selon l'invention peut comprendre l'une ou plusieurs des caractéristiques suivantes, prise(s) isolément ou suivant toute combinaison techniquement envisageable :
- [0018] - la commande principale comprend un multiplet principal, la commande principale attendue comprend un multiplet principal attendu, la commande de sécurité comprend un multiplet de sécurité et la commande de sécurité attendue comprend un multiplet de sécurité attendu,
- [0019] le multiplet principal et le multiplet principal attendu comprenant respectivement N bits, le multiplet de sécurité et le multiplet de sécurité attendu comprenant respectivement M bits,
- [0020] N et M étant notamment des entiers supérieurs à 8, N et M étant par exemple égaux entre eux, notamment respectivement égaux à 16 ;
- [0021] - l'architecture de commande est telle que :
- [0022] - au moins K bits sont distincts entre le multiplet principal attendu et le multiplet de sécurité attendu ;
- [0023] - au moins K bits sont distincts entre le multiplet principal attendu correspondant au passage de l'au moins un élément fonctionnel dans la configuration cible et tout multiplet principal attendu correspondant à une commande alternative différant du

- passage de l'au moins un élément fonctionnel dans la configuration cible ;
- [0024] - au moins K bits sont distincts entre le multiplet de sécurité attendu correspondant au passage de l'au moins un élément fonctionnel dans la configuration cible et tout multiplet de sécurité attendu correspondant à une commande alternative différent du passage de l'au moins un élément fonctionnel dans la configuration cible,
  - [0025] K étant un entier inférieur ou égal au minimum entre N et M, K étant notamment supérieur ou égal à 4 ;
  - [0026] - l'unité de gestion d'affichage est configurée pour transmettre simultanément la commande principale à l'au moins un module d'interfaçage et à l'au moins un module de confirmation, l'au moins un module d'interfaçage étant configuré, sur réception de la commande principale, pour transmettre la commande principale à l'au moins un module de contrôle, l'au moins un module de confirmation générant la commande de sécurité après une temporisation commençant lorsque l'au moins un module de confirmation reçoit la commande principale ;
  - [0027] - l'au moins un module de contrôle est configuré pour recevoir successivement dans le temps une première commande et une deuxième commande, l'au moins un module de contrôle comprenant :
    - [0028] - un champs mémoire principal configuré pour stocker la première commande ;
    - [0029] - un champs mémoire de sécurité configuré pour stocker la deuxième commande ;
    - [0030] - une unité de vérification générant une autorisation de passage de l'au moins un élément fonctionnel dans la configuration cible lorsque simultanément la première commande stockée dans le champs mémoire principal correspond à la commande principale attendue correspondant au passage de l'au moins un élément fonctionnel dans la configuration cible et la deuxième commande stockée dans le champs mémoire de sécurité correspond à la commande de sécurité attendue correspondant au passage de l'au moins un élément fonctionnel dans la configuration cible, l'unité de vérification étant configurée pour transmettre l'autorisation de passage à une unité de contrôle ; et
  - [0031] - l'unité de contrôle, passant l'au moins un élément fonctionnel dans la configuration cible lorsqu'elle reçoit l'autorisation de passage de l'au moins un élément fonctionnel dans la configuration cible ;
  - [0032] - le module de gestion des procédures est, en outre, configuré pour transmettre la commande suggérée à l'au moins une interface homme-machine, l'unité de gestion d'affichage étant apte à générer au moins une indication d'action suggérée pour l'opérateur représentative de la commande suggérée et à afficher à destination de l'opérateur l'au moins une indication d'action suggérée préalablement à l'action de l'opérateur ;
  - [0033] - la commande suggérée comprend un multiplet de liste de vérification électronique comportant L bits, L étant un entier par exemple égal à 8 ;

- [0034] - l'au moins un module de contrôle est configuré pour générer des informations représentatives d'une configuration courante de l'au moins un élément fonctionnel, l'unité de gestion d'affichage étant apte à afficher lesdites informations sur l'afficheur à destination de l'opérateur ;
- [0035] - l'architecture de commande comprend en outre au moins un dispositif de confirmation indépendant de l'au moins une interface homme-machine et propre à être actionné par l'opérateur, lorsque la commande principale diffère de la commande suggérée, pour confirmer la commande principale, l'au moins un module de confirmation générant la commande de sécurité lorsque l'au moins un dispositif de confirmation est actionné pour confirmer la commande principale.
- [0036] L'invention a également pour objet un procédé de commande d'au moins un élément fonctionnel d'un aéronef, pilotable entre une pluralité de configurations à l'aide d'une architecture de commande telle que décrite précédemment, le procédé comprenant :
- [0037] - la génération de la commande suggérée en fonction d'une étape courante d'une procédure de vol en cours et la transmission de la commande suggérée à l'au moins un module de confirmation ;
- [0038] - la génération de la commande principale en fonction d'une action d'un opérateur visant à passer l'au moins un élément fonctionnel dans la configuration cible ;
- [0039] - la transmission de la commande principale à l'au moins un module de contrôle et à l'au moins un module de confirmation ;
- [0040] - la génération par l'au moins un module de confirmation de la commande de sécurité associée à la commande principale lorsque la commande principale correspond à la commande suggérée ;
- [0041] - la transmission de la commande de sécurité à l'au moins un module de contrôle ; et
- [0042] - le passage de l'au moins un élément fonctionnel dans la configuration cible lorsque la commande principale correspond à la commande principale attendue de passage de l'au moins un élément fonctionnel dans la configuration cible et lorsque la commande de sécurité correspond à la commande de sécurité attendue de passage de l'au moins un élément fonctionnel dans la configuration cible.
- [0043] Optionnellement, le procédé est tel que le module de gestion des procédures transmet en outre la commande suggérée à l'au moins une interface homme-machine, l'unité de gestion d'affichage générant au moins une indication d'action suggérée pour l'opérateur représentative de la commande suggérée et affichant à destination de l'opérateur l'au moins une indication d'action suggérée.
- [0044] L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui va suivre donnée uniquement à titre d'exemple, et faite en se référant aux dessins annexés, sur lesquels :
- [0045] [Fig.1] la [Fig.1] est une représentation schématique simplifiée d'une portion d'une architecture de commande selon l'invention ;

- [0046] [Fig.2] la [Fig.2] est une représentation schématique d'un afficheur de l'architecture de commande de la [Fig.1], l'afficheur affichant des informations représentatives de la configuration courante d'au moins un élément fonctionnel de l'aéronef et une indication d'action suggérée ;
- [0047] [Fig.3] la [Fig.3] est une représentation schématique simplifiée d'un module de contrôle de la portion d'architecture de commande de la [Fig.1] ; et
- [0048] [Fig.4] la [Fig.4] est une représentation schématique simplifiée d'une portion de l'architecture de commande de la [Fig.1], différente de celle illustrée en [Fig.1].
- [0049] En référence aux figures 1 à 4, on décrit un aéronef 1 comprenant au moins un élément fonctionnel 3 et une architecture 10 de commande de l'au moins un élément fonctionnel 3.
- [0050] En particulier, l'aéronef 1 comprend plusieurs éléments fonctionnels 3 et l'architecture 10 commande au moins un de ces éléments fonctionnels 3. Selon un exemple, l'architecture de commande 10 commande un élément fonctionnel 3. Selon un autre exemple, l'architecture de commande 10 commande une pluralité d'éléments fonctionnels 3.
- [0051] Par souci de concision, dans ce qui suit, on décrit la commande par l'architecture 10 d'un élément fonctionnel 3 donné parmi d'autres éléments fonctionnels 3.
- [0052] L'élément fonctionnel 3 est propre à être piloté entre une pluralité de configurations. Parmi cette pluralité de configuration, l'élément fonctionnel 3 est propre à être passée depuis une configuration initiale dans une configuration cible. Par « configuration cible », on entend une configuration de l'élément fonctionnel 3, distincte de la configuration initiale, que souhaite atteindre un opérateur de l'aéronef 1, par exemple un pilote de l'aéronef 1, parmi toutes les configurations possibles de l'élément fonctionnel 3.
- [0053] A titre d'exemple qui sera repris plusieurs fois dans la description pour illustrer une implémentation concrète de l'invention, l'élément fonctionnel 3 est un dispositif de contrôle de l'alimentation en carburant d'au moins un moteur de l'aéronef 1. Par souci de concision, dans ce qui suit, ce dispositif est un dispositif de contrôle de l'alimentation en carburant d'un seul moteur de l'aéronef 1. En particulier, le dispositif de contrôle de l'alimentation du moteur comprend une première pompe pilotable entre un état actif et un état éteint et une deuxième pompe pilotable entre un état actif et un état éteint.
- [0054] Le dispositif de contrôle de l'alimentation du moteur est pilotable entre une première configuration dans laquelle aucun carburant n'est fourni au moteur, une deuxième configuration dans laquelle un premier débit de carburant est fourni au moteur et une troisième configuration dans laquelle un deuxième débit de carburant supérieur au premier débit de carburant est fourni au moteur. Dans la première configuration, la

première pompe et la deuxième pompe sont dans un état éteint. Dans la deuxième configuration, la première pompe est dans un état actif et la deuxième pompe est dans un état éteint. Dans la troisième configuration, la première pompe et la deuxième pompe sont dans un état actif.

- [0055] A titre d'exemple, dans la suite, la configuration initiale correspond à la troisième configuration et la configuration cible correspond à la deuxième configuration. Ainsi, dans une situation initiale (illustrée sur la [Fig.2] comme il sera décrit plus bas), la première pompe et la deuxième pompe sont dans un état actif. Par exemple, dans la suite de la description, l'opérateur souhaite être dans une situation cible correspondant à la deuxième configuration, c'est-à-dire la configuration dans laquelle la première pompe est dans un état actif et la deuxième pompe est dans un état éteint.
- [0056] Dans la suite de la description, on considère qu'une procédure de vol impliquant un pilotage du dispositif de contrôle d'alimentation du moteur entre ses différentes configurations est en cours. Sauf lorsque précisé autrement, on considère en outre que cette procédure de vol prévoit le passage de la configuration initiale à la configuration cible à la suite de la réalisation d'une étape préalable considérée ici comme réalisée.
- [0057] Au moins une commande de l'élément fonctionnel 3 est, par exemple, critique pour l'aéronef 1. Par « critique », on entend que la fonction réalisée par l'élément fonctionnel 3 en réponse à certaines commandes de l'architecture de commande 10 est essentielle pour conserver l'intégrité de l'aéronef 1 ou la sécurité des passagers présents dans l'aéronef 1. L'alimentation en carburant du moteur assurée par le dispositif de contrôle de l'alimentation est notamment critique.
- [0058] L'architecture de commande 10 est configurée pour commander l'élément fonctionnel 3 entre ses différentes configurations, et en particulier entre la configuration initiale et la configuration cible. Une seule commande parmi l'ensemble des commandes possibles de l'architecture de commande 10 correspond au passage de l'élément fonctionnel 3 dans la configuration cible. Dans la suite, les commandes possibles différentes de la commande de passage de l'élément fonctionnel 3 vers la configuration cible sont appelées « commandes alternatives ». Les commandes alternatives correspondent, par exemple, à un passage de l'élément fonctionnel 3 vers une autre configuration que la configuration cible ou correspondent au contrôle d'autres éléments fonctionnels 3.
- [0059] Comme illustré sur la [Fig.1], l'architecture de commande 10 comprend au moins une interface homme-machine 12 actionnable par l'opérateur pour générer une commande, au moins un module 14 de confirmation de la commande, au moins un module 16 de contrôle de l'élément fonctionnel 3, au moins un module d'interfaçage 18 reliant l'interface homme-machine 12 et l'au moins un module de contrôle 16 et au moins un module de gestion des procédures 24.

- [0060] Par soucis de lisibilité des dessins, sur la [Fig.1], seuls une interface homme-machine 12, un module de confirmation 14, un module de contrôle 16 et deux modules d'interfaçage 18 sont illustrés. Le module d'interfaçage 18 illustré en pointillés est, par exemple, confondu avec l'un des deux modules d'interfaçage 18 en traits pleins.
- [0061] Avantageusement, l'architecture de commande 10 comprend plusieurs interfaces homme-machine 12, plusieurs modules de confirmation 14, plusieurs modules de contrôle 16, un ou plusieurs modules d'interfaçage 18 et plusieurs modules de gestion des procédures 24, notamment pour assurer une certaine redondance afin de palier à l'avarie d'un ou plusieurs de ces interfaces homme-machine 12, modules de confirmations 14, modules de contrôle 16, modules d'interfaçage 18 et modules de gestion des procédures 24.
- [0062] Selon l'exemple illustré sur la [Fig.4], l'architecture de commande 10 comprend quatre interfaces homme-machine 12, trois modules de confirmations 14 inter-connectés et deux modules de gestion des procédures 24. Comme illustré sur la [Fig.4], chaque interface homme-machine 12 est connecté à au moins deux modules de confirmation 14 et chaque module de confirmation 14 est connecté à au moins deux modules de gestion des procédures 24. Ainsi, lorsqu'une interface homme-machine 12 est hors-service, une autre interface homme-machine 12 peut être utilisée en remplacement. Lorsqu'un module de confirmation 14 est hors service, un autre module de confirmation 14 peut être utilisé en remplacement. Lorsqu'un module de gestion des procédures 24 est hors-service, un autre module de gestion des procédures 24 peut être utilisé en remplacement.
- [0063] Optionnellement, l'architecture de commande 10 comprend en outre au moins un dispositif 20 de confirmation de la commande et au moins un module d'interfaçage auxiliaire 22 reliant le dispositif de confirmation 20 et le module de confirmation 14.
- [0064] Selon un exemple non-illustré, l'architecture de commande 10 comprend deux dispositifs de confirmation 20, notamment pour assurer une redondance afin de palier à l'avarie d'un dispositif de confirmation 20.
- [0065] Par exemple, l'architecture de commande 10 comprend deux dispositifs de confirmation 20. Chaque module de confirmation 14 est connecté à au moins deux dispositifs de confirmation 20. Lorsqu'un dispositif de confirmation 20 est hors-service, un autre dispositif de confirmation 20 peut être utilisée en remplacement.
- [0066] L'architecture de commande 10 comprend par exemple une pluralité de modules d'interfaçage 18, notamment pour assurer une redondance afin de palier à l'avarie d'un module d'interfaçage 18. Ainsi, plusieurs modules d'interfaçage 18 relient l'interface homme-machine 12 et le module de contrôle 16 entre eux ainsi que le module de confirmation 14 et le module de contrôle 16 entre eux.
- [0067] Dans ce qui suit, par soucis de concision, on décrit une seule interface homme-

machine 12, un seul module de confirmation 14, un seul module de contrôle 16, un seul module d'interfaçage 18, un seul dispositif de confirmation 20, un seul module d'interfaçage auxiliaire 22 et un seul module de gestion des procédures 24. Il est toutefois entendu que pour chacun de ces éléments de l'architecture 10, les autres éléments appelés pareillement sont identiques et assurent les mêmes fonctions ou des fonctions similaires.

- [0068] Ainsi, il est entendu que dans l'exemple illustré sur la [Fig.1], dans lequel l'architecture de commande 10 comprend deux modules d'interfaçage 18, chacun de ces deux modules d'interfaçage 18 agit de manière identique ou au moins similaire au sein de l'architecture de commande 10.
- [0069] En référence à la [Fig.1], l'interface homme-machine 12 comporte un afficheur 28 et une unité 30 de gestion d'affichage sur l'afficheur 28 (l'unité de gestion d'affichage 30 en pointillés est confondu avec l'unité de gestion d'affichage 30 en traits pleins).
- [0070] L'afficheur 28 est avantageusement un écran tactile, avec lequel peut agir l'opérateur directement par le toucher.
- [0071] L'unité de gestion d'affichage 30 comprend par exemple au moins un processeur et au moins une mémoire contenant des modules logiciels propres à être exécutés par le processeur.
- [0072] L'unité de gestion d'affichage 30 est avantageusement apte à afficher des informations représentatives de la configuration courante de l'élément fonctionnel 3 sur l'afficheur 28 à destination de l'opérateur. Ces informations indiquent à l'opérateur dans quelle configuration est l'élément fonctionnel 3. L'affichage de ces informations permet notamment à l'opérateur de prendre connaissance de la configuration courante de l'élément fonctionnel 3 et, après qu'il est initié une commande de l'élément fonctionnel 3, de s'assurer que la fonction correspondante ait été réalisée par l'élément fonctionnel 3.
- [0073] Sur la [Fig.2], un exemple d'image affichée par l'écran tactile est représenté. L'image illustre l'exemple dans lequel l'élément fonctionnel 3 est le dispositif de contrôle de l'alimentation du moteur. L'afficheur 28 affiche une information indiquant que la configuration courante de l'élément fonctionnel 3, c'est-à-dire le dispositif de contrôle de l'alimentation du moteur, est la configuration dans laquelle la première pompe est dans l'état actif (représenté par un élément graphique 102) et la deuxième pompe est dans l'état actif (représenté par un élément graphique 104). Grâce à cette information, l'opérateur prend connaissance de l'alimentation correspondante en carburant du moteur.
- [0074] L'unité de gestion d'affichage 30 est configuré pour générer une commande principale en fonction d'une action de l'opérateur visant à passer l'élément fonctionnel 3 dans la configuration cible. L'action de l'opérateur est par exemple un pointage sur

une portion spécifique de l'écran tactile à l'aide d'un ou plusieurs de ses doigts ou d'un organe de pointage dédié.

- [0075] La commande principale générée par l'unité 30 dépend de l'action de l'opérateur. En particulier, la commande principale dépend de la localisation de la portion spécifique de l'écran tactile pointé par l'opérateur, de la durée du pointage, de la direction de déplacement du pointage lorsque l'opérateur déplace le pointage au cours du temps et/ou du nombre de pointages effectués simultanément par l'opérateur.
- [0076] Sur l'exemple de la [Fig.2], une portion 106 de l'écran tactile est destinée à être pointée par l'opérateur lorsque celui-ci souhaite passer l'élément fonctionnel 3 vers la configuration cible.
- [0077] Dans des conditions nominales de fonctionnement de l'unité de gestion d'affichage 30, l'unité de gestion d'affichage 30 est configurée pour générer la commande principale correspondant au passage de l'élément fonctionnel 3 dans la configuration cible lorsque la portion 106 est pointée.
- [0078] Les conditions nominales de fonctionnement de l'unité de gestion d'affichage 30 sont à distinguer des conditions d'avaries de l'unité de gestion d'affichage 30 dans laquelle la commande principale correspondant au passage de l'élément fonctionnel 3 dans la configuration cible ne serait pas générée malgré un pointage de la portion 106 par l'opérateur ou une commande principale différente du passage de l'élément fonctionnel 3 dans la configuration cible serait générée malgré un pointage de la portion 106 par l'opérateur.
- [0079] La commande principale comprend, par exemple, un multiplet principal comportant N bits, N étant notamment un entier supérieur à 8, notamment égal à 16. En d'autres termes, le multiplet principal est un multiplet de N bits, c'est-à-dire un multiplet ayant une longueur de N bits.
- [0080] L'unité de gestion d'affichage 30 est avantageusement configurée pour transmettre la commande principale au module de contrôle 16 par l'intermédiaire du module d'interfaçage 18 et pour transmettre la commande principale au module de confirmation 14. En particulier, l'unité de gestion d'affichage 30 est configurée pour transmettre simultanément la commande principale au module d'interfaçage 18 et au module de confirmation 14.
- [0081] Avantageusement, l'unité de gestion d'affichage 30 est apte à générer au moins une indication d'action suggérée pour l'opérateur représentative d'une commande suggérée en fonction d'une étape courante de la procédure de vol en cours de l'aéronef 1. L'unité de gestion d'affichage 30 est apte en outre à afficher à destination de l'opérateur l'au moins une indication d'action suggérée préalablement à l'action de l'opérateur. En d'autres termes, avant que l'opérateur n'actionne l'interface homme-machine 12, l'au moins une indication communique à l'opérateur l'action suggérée

pour, dans des conditions nominales de fonctionnement de l'architecture de commande 10, l'inciter à réaliser l'action suggérée afin de passer la commande suggérée selon la procédure de vol en cours. Par exemple, la commande suggérée correspond au passage de l'élément fonctionnel 3 dans la configuration cible.

- [0082] Sur l'exemple de la [Fig.2], au moins un élément graphique 108 est destiné à être affiché sur l'afficheur 28 pour indiquer une action suggérée à l'opérateur. Par exemple, un élément graphique 108 correspond à un encadrement de la portion 106 pour signaler la portion 106 à l'opérateur. Optionnellement, un élément graphique 110 est destiné à être affiché sur l'afficheur 28 pour indiquer que l'étape préalable de la procédure de vol a été réalisée. Un élément graphique 112 supplémentaire est destiné à être affiché sur l'afficheur 28 pour indiquer que la prochaine étape de la procédure de vol correspond au passage de l'élément fonctionnel 3 dans la configuration cible. Par exemple, les éléments graphiques 110, 112 se présentent sous la forme de lignes d'une liste d'étapes, la liste d'étapes illustrant la succession d'étapes à réaliser lors de la procédure de vol. Les données correspondant aux éléments graphiques 108, 110, 112 affichés sont fournies à l'unité de gestion d'affichage 30 par le module de gestion des procédures 24.
- [0083] Avantageusement, lorsque la commande principale ne correspond pas à la commande suggérée, l'unité de gestion d'affichage 30 est apte à afficher à destination de l'opérateur une demande de confirmation de la commande. L'affichage de cette demande de confirmation permet à l'opérateur de vérifier que la commande correspond effectivement à la commande qu'il souhaite, malgré le fait que la commande principale ne corresponde pas à la commande suggérée. Cela permet également à l'opérateur de s'assurer qu'une commande alternative ne soit pas exécutée par inadvertance.
- [0084] Par exemple, un élément graphique dédié (non-illustré) est destiné à être affiché sur l'afficheur 28 pour communiquer la demande de confirmation à l'opérateur.
- [0085] Le module de confirmation 14 est configuré pour générer une commande de sécurité associée à la commande principale générée par l'unité de gestion d'affichage 30.
- [0086] Le module de confirmation 14 est indépendant de l'interface homme-machine 12. Par « indépendant », on entend que le module de confirmation 14 présente une électronique ou une mécanique distincte de celle de l'interface homme-machine 12, de sorte qu'une éventuelle avarie de l'interface homme-machine 12 n'impacte pas le module de confirmation 14 et inversement.
- [0087] Notamment, la commande de sécurité comprend un multiplet de sécurité comportant M bits, M étant par exemple un entier supérieur à 8, par exemple égal à N, notamment égal à 16. En d'autres termes, le multiplet de sécurité est un multiplet de M bits, c'est-à-dire un multiplet ayant une longueur de M bits.
- [0088] Il est à noter que les valeurs de N et M sont adaptables selon les besoins en fonction,

par exemple, de l'architecture électronique des modules 14, 16, 18, du degré de sécurité désiré, du degré de complexité de l'architecture de commande 10 souhaité.

- [0089]   Avantageusement, la commande de sécurité est différente de la commande principale. En particulier, le multiplet de sécurité est différent du multiplet principal. Autrement dit, le multiplet de sécurité et le multiplet principal correspondent à des combinaisons différentes de bits.
- [0090]   Par exemple, le module de confirmation 14 génère la commande de sécurité après une temporisation commençant lorsque le module de confirmation 14 reçoit la commande principale. Par exemple, la temporisation est comprise entre 500ms et 15s. Par exemple, lorsque la commande principale correspond à la commande suggérée, la temporisation est dite « courte » et est comprise entre 500 ms et 1 s. Avantageusement, lorsque la commande principale ne correspond pas à la commande suggérée, la temporisation est dite « longue » et est comprise entre 1s et 15 s. La temporisation est supérieure ou égale à un temps minimum, ce qui assure un certain décalage d'un envoi vers le module de contrôle 16 de la commande de sécurité chronologiquement par rapport à l'envoi de la commande principale vers le module de contrôle 16.
- [0091]   Comme il sera décrit plus bas, le module de confirmation 14 génère la commande de sécurité lorsque la commande principale correspond à la commande suggérée. Sinon, lorsque la commande principale diffère de la commande suggérée, le module de confirmation 14 génère la commande de sécurité lorsque le dispositif de confirmation 20 est actionné pour confirmer la commande principale, comme il sera décrit en détails plus bas. La temporisation est alors supérieure ou égale à un délai nécessaire au pilote pour actionner le dispositif de confirmation 20 le cas échéant.
- [0092]   Avantageusement, le module de confirmation 14 est configuré, après réception de la commande principale, lorsque la commande principale diffère de la commande suggérée, pour générer la demande de confirmation de la commande principale. En particulier, la demande de confirmation comprend une chaîne de caractères associée à la commande principale. Le module de confirmation 14 est en outre par exemple configuré pour transmettre la demande de confirmation à l'unité de gestion d'affichage 30 afin que celui-ci l'affiche sur l'afficheur 28.
- [0093]   Par exemple, l'élément graphique correspondant à la demande de confirmation comprend la chaîne de caractère. Dans l'exemple de la [Fig.2], lorsque la commande principale correspond au passage de l'élément fonctionnel 3 dans la configuration cible mais que la commande suggérée ne correspond pas au passage de l'élément fonctionnel 3 dans la configuration cible, la chaîne de caractère correspond à un message comme par exemple « ' *CONFIRM BOOSTER 1 OFF* ' » qui retranscrit une demande de confirmation de passage de l'élément fonctionnel 3 dans la configuration cible. La demande de confirmation permet alors à l'opérateur de se rendre compte que

la commande principale diffère de la commande suggérée. Lorsque la commande principale diffère de la commande correspondant au passage de l'élément fonctionnel 3 dans la configuration cible, une chaîne de caractères correspondant à un autre message est affichée. Cette chaîne de caractère correspond par exemple alors au passage de l'élément fonctionnel 3 dans une configuration différente de la configuration cible, au contrôle d'un élément fonctionnel 3 distinct, ou à aucun contrôle tangible d'un élément fonctionnel 3 quelconque de l'aéronef 1. L'opérateur prend alors conscience que la commande principale ne correspond pas au passage de l'élément fonctionnel 3 dans la configuration cible. Ceci peut découler soit du fait d'une action incorrecte de l'opérateur, par exemple d'un pointage incorrect sur l'écran tactile correspondant à une commande alternative, soit d'une avarie de l'unité de gestion d'affichage 30 qui n'a pas généré la commande principale adéquate malgré une action correcte de l'opérateur.

- [0094] Le module de contrôle 16 est apte à piloter l'élément fonctionnel 3 entre ses configurations. Pour ce faire, le module de contrôle 16 comprend tout élément électronique, mécanique, ou électromécanique nécessaire pour réaliser le contrôle de l'élément fonctionnel 3.
- [0095] Par exemple, dans le cas où l'élément fonctionnel 3 est un dispositif de contrôle de l'alimentation du moteur, le module de contrôle 16 comprend un organe mécanique ou électromécanique apte à activer ou éteindre la première et/ou la deuxième pompe.
- [0096] En particulier, le module de contrôle 16 passe l'élément fonctionnel 3 dans la configuration cible lorsque la commande principale correspond à une commande principale attendue de passage de l'élément fonctionnel 3 dans la configuration cible et lorsque la commande de sécurité correspond à une commande de sécurité attendue de passage de l'élément fonctionnel 3 dans la configuration cible.
- [0097] Avantageusement, la commande principale attendue de passage de l'élément fonctionnel 3 dans la configuration cible comprend un multiplet principal attendu de passage de l'élément fonctionnel 3 dans la configuration cible comportant N bits. En d'autres termes, le multiplet principal attendu de passage de l'élément fonctionnel 3 dans la configuration cible est un multiplet de N bits, c'est-à-dire un multiplet ayant une longueur de N bits.
- [0098] Encore avantageusement, la commande de sécurité attendue de passage de l'élément fonctionnel 3 dans la configuration cible comprend un multiplet de sécurité attendu de passage de l'élément fonctionnel 3 dans la configuration cible comportant M bits. En d'autres termes, le multiplet de sécurité attendu de passage de l'élément fonctionnel 3 dans la configuration cible est un multiplet de M bits, c'est-à-dire un multiplet ayant une longueur de M bits.
- [0099] Selon un exemple, la commande de sécurité attendue de passage de l'élément fonctionnel 3 dans la configuration cible est différente de la commande principale

attendue de passage de l'élément fonctionnel 3 dans la configuration cible. En particulier, le multiplet de sécurité attendu de passage de l'élément fonctionnel 3 dans la configuration cible est différent du multiplet principal attendu de passage de l'élément fonctionnel 3 dans la configuration cible. Autrement dit, le multiplet de sécurité attendu et le multiplet principal attendu de passage de l'élément fonctionnel 3 dans la configuration cible correspondent à des combinaisons différentes de bits.

- [0100] Par exemple, au moins K bits sont distincts entre le multiplet principal attendu de passage de l'élément fonctionnel 3 dans la configuration cible et le multiplet de sécurité attendu de passage de l'élément fonctionnel 3 dans la configuration cible, K étant un entier inférieur ou égal au minimum entre N et M, K étant notamment supérieur ou égal à 4. Notamment, dans le cas où N est égal à M, pour chacun de K bits du multiplet principal attendu de passage de l'élément fonctionnel 3 dans la configuration cible, situé à une position p dudit multiplet principal attendu, p ayant pour valeur un entier entre 1 et N, le bit en position p du multiplet de sécurité attendu de passage de l'élément fonctionnel 3 dans la configuration cible est distinct dudit bit dudit multiplet principal attendu.
- [0101] Le module de contrôle 16 est configuré pour recevoir successivement dans le temps une première commande et une deuxième commande depuis le module d'interfaçage 18. Comme il sera décrit plus en détails ci-dessous, la première commande correspond à la commande principale.
- [0102] Lors d'un fonctionnement nominal du module d'interfaçage 18, la deuxième commande correspond à la commande de sécurité. En effet, le module de contrôle 16 est destiné à recevoir la commande de sécurité après un temps au moins égal à la temporisation. Ceci est notamment dû au fait que la commande de sécurité soit générée après la temporisation. Lors d'une avarie du module d'interfaçage 18, il est possible que la deuxième commande corresponde, comme la première commande, à la commande principale.
- [0103] Le module de contrôle 16 comprend, par exemple, un champs mémoire principal 34 configuré pour stocker la première commande, un champs mémoire de sécurité 36 configuré pour stocker la deuxième commande, une mémoire 38, une unité de vérification 40 et une unité 42 de contrôle de l'élément fonctionnel 3.
- [0104] Optionnellement, le module de contrôle 16 comprend, en outre, une unité 44 de gestion des champs mémoires 34, 36.
- [0105] Avantageusement, le module de contrôle 16 comprend un unique champs mémoire principal 34 et un unique champs mémoire de sécurité 36.
- [0106] Ici, le champs mémoire principal 34 ne peut stocker qu'une seule et unique commande principale à un instant donné, par exemple un seul et unique multiplet principal. En d'autres termes, à un instant donné, le champs mémoire principal 34 est

configuré pour stocker N bits.

- [0107] Ici encore, le champs mémoire de sécurité 36 ne peut stocker qu'une seule et unique commande de sécurité à un instant donné, par exemple un seul et unique multiplet de sécurité. En d'autres termes, à un instant donné, le champs mémoire de sécurité 36 est configuré pour stocker M bits.
- [0108] Ainsi, à un instant donné, le module de contrôle 16 ne peut traiter qu'une seule et unique commande.
- [0109] La mémoire 38 du module de contrôle 16 stocke la commande principale attendue et la commande de sécurité attendue correspondant au passage de l'élément fonctionnel 3 dans la configuration cible et les associe respectivement au passage de l'élément fonctionnel 3 dans la configuration cible. Par exemple, la mémoire 38 associe respectivement le multiplet principal attendu et le multiplet de sécurité attendu correspondant au passage de l'élément fonctionnel 3 dans la configuration cible au passage de l'élément fonctionnel 3 dans la configuration cible.
- [0110] Avantageusement, la mémoire 38 stocke également les commandes principales attendues et les commandes de sécurité attendues correspondant à des passages de l'élément fonctionnel 3 dans des configurations différentes de la configuration cible et les associe respectivement avec les passages de l'élément fonctionnel 3 dans lesdites configurations différentes correspondantes. Par exemple, la mémoire 38 associe respectivement des multiplets principaux attendus et des multiplets de sécurité attendus correspondant à des passages de l'élément fonctionnel 3 dans des configurations différentes de la configuration cibles et les associe respectivement avec les passages de l'élément fonctionnel 3 dans lesdites configurations différentes correspondantes.
- [0111] Avantageusement, au moins K bits sont distincts entre le multiplet principal attendu correspondant au passage de l'élément fonctionnel 3 dans la configuration cible et tout multiplet principal attendu correspondant à une commande alternative différant du passage de l'élément fonctionnel 3 dans la configuration cible.
- [0112] Par exemple, dans le cas où N est égal à M, pour tout multiplet principal attendu correspondant à une commande alternative, pour chacun de K bits du multiplet principal attendu correspondant au passage de l'élément fonctionnel 3 dans la configuration cible situé à une position p dudit multiplet principal attendu correspondant au passage de l'élément fonctionnel 3 dans la configuration cible, le bit en position p dudit multiplet principal attendu correspondant à ladite commande alternative est distinct dudit bit du multiplet principal attendu correspondant au passage de l'élément fonctionnel 3 dans la configuration cible.
- [0113] Encore avantageusement, au moins K bits sont distincts entre le multiplet de sécurité attendu correspondant au passage de l'élément fonctionnel 3 dans la configuration cible et tout multiplet de sécurité attendu correspondant à une commande alternative

différant du passage de l'élément fonctionnel 3 dans la configuration cible.

- [0114] Par exemple, dans le cas où  $N$  est égal à  $M$ , pour tout multiplet de sécurité attendu correspondant à une commande alternative, pour chacun de  $K$  bits du multiplet de sécurité attendu correspondant au passage de l'élément fonctionnel 3 dans la configuration cible situé à une position  $p$  dudit multiplet de sécurité attendu correspondant au passage de l'élément fonctionnel 3 dans la configuration cible, le bit en position  $p$  dudit multiplet de sécurité attendu correspondant à ladite commande alternative est distinct dudit bit du multiplet de sécurité attendu correspondant au passage de l'élément fonctionnel 3 dans la configuration cible.
- [0115] Ainsi, les multiplets correspondant au passage de l'élément fonctionnel 3 dans la configuration cible et les multiplets correspondant à des commandes alternatives sont suffisamment différents, de sorte à minimiser le risque que par erreur de codage de quelques bits, un multiplet correspondant à une commande alternative soit confondu avec un multiplet correspondant au passage de l'élément fonctionnel 3 dans la configuration cible.
- [0116] Lorsque simultanément la première commande stockée dans le champs mémoire principal 34 correspond à la commande principale attendue correspondant au passage de l'élément fonctionnel 3 dans la configuration cible et la deuxième commande stockée dans le champs mémoire de sécurité 36 correspond à la commande de sécurité attendue correspondant au passage de l'élément fonctionnel 3 dans la configuration cible, l'unité de vérification 40 génère une autorisation de passage de l'élément fonctionnel 3 vers la configuration cible.
- [0117] Pour ce faire, l'unité de vérification 40 est connectée à la mémoire 38 et est configurée dans un premier temps pour identifier si la première commande stockée dans le champs mémoire principal 34 correspond à un passage de l'élément fonctionnel 3 dans une des configurations possibles de l'élément fonctionnel 3.
- [0118] Si la première commande stockée dans le champs mémoire principal 34 ne correspond à aucun passage de l'élément fonctionnel 3 dans une des configurations possibles de l'élément fonctionnel 3, aucune autorisation de passage de l'élément fonctionnel 3 dans l'une quelconque des configurations possibles n'est générée.
- [0119] Si la première commande stockée dans le champs mémoire principal 34 correspond au passage de l'élément fonctionnel 3 dans une des configurations possibles de l'élément fonctionnel 3, dans un deuxième temps, l'unité de vérification 40 identifie si la deuxième commande stockée dans le champs mémoire de sécurité 36 correspond également au passage de l'élément fonctionnel 3 dans ladite configuration possible de l'élément fonctionnel 3.
- [0120] Lorsque la première commande stockée dans le champs mémoire principal 34 ne correspond pas à la commande principale attendue correspondant au passage de

l'élément fonctionnel 3 dans la configuration cible ou lorsque la deuxième commande stockée dans le champs mémoire de sécurité 36 ne correspond pas à la commande de sécurité attendue correspondant au passage de l'élément fonctionnel 3 dans la configuration cible, aucune autorisation de passage de l'élément fonctionnel 3 dans la configuration cible n'est générée.

- [0121] Lors d'une avarie de l'unité de gestion d'affichage 30 ou d'un module d'interfaçage 18, il est possible que la commande principale soit transmise deux fois successivement au module de contrôle 16 dans un intervalle de temps inférieur à la temporisation. Le champs mémoire principal 34 et le champ mémoire de sécurité 36 stockent alors tous deux la commande principale. Etant donné qu'au moins K bits sont distincts entre le multiplet principal attendu correspondant au passage de l'élément fonctionnel 3 dans la configuration cible et le multiplet de sécurité attendu correspondant au passage de l'élément fonctionnel 3 dans la configuration cible, le risque qu'une autorisation de passage de l'élément fonctionnel 3 dans la configuration cible soit générée suite à une telle avarie est considérablement réduit.
- [0122] L'unité de vérification 40 est en outre configurée pour transmettre l'autorisation de passage à l'unité de contrôle 42.
- [0123] L'unité de contrôle 42 est configurée pour piloter l'élément fonctionnel 3 entre ses différentes configurations.
- [0124] L'unité de contrôle 42 comprend avantageusement une zone mémoire (non-illustrée) propre à stocker les informations représentatives de la configuration courante de l'élément fonctionnel 3.
- [0125] Lorsque l'unité de contrôle 42 reçoit l'autorisation de passage de l'élément fonctionnel 3 dans la configuration cible, elle passe l'élément fonctionnel 3 dans la configuration cible.
- [0126] L'unité de contrôle 42 génère alors des informations représentatives de la configuration courante de l'élément fonctionnel 3, mises à jour et les stocke dans sa zone mémoire en y écrasant les informations présentes.
- [0127] L'unité 44 de gestion des champs mémoires est avantageusement apte à supprimer les commandes stockées dans les champs mémoires. En particulier, lorsqu'au bout d'un temps prédéfini commençant lorsque le champs mémoire principal 34 stocke la première commande, aucune deuxième commande n'est reçue par le module de contrôle 16, l'unité 44 supprime la commande principale stockée dans le champs mémoire principal 34. La commande principale générée suite à l'action de l'opérateur sur l'interface homme-machine 12 n'est alors pas prise en compte par l'architecture de commande 10. Par exemple, le temps prédéfini est compris entre 1 s et 15 s.
- [0128] Avantageusement, lorsqu'après un délai commençant au moment où le champs mémoire principal 34 reçoit la première commande est supérieur au temps prédéfini et

lorsque le module de contrôle 16 reçoit une commande subséquente, le champs mémoire principal 34 stocke ladite commande subséquente en remplacement de ladite première commande.

- [0129] Ainsi, comme explicité ci-dessus, le module de contrôle 16 est configuré pour générer les informations représentatives de la configuration courante de l'élément fonctionnel 3. Par exemple, après avoir passé l'élément fonctionnel 3 dans la configuration cible, l'unité de contrôle 42 génère des informations indiquant que la configuration courante de l'élément fonctionnel 3 est désormais la configuration cible. En variante ou potentiellement en complément, le module de contrôle 16 comprend par exemple un capteur (non-illustré), connecté à l'unité de contrôle 42, configuré pour déterminer la configuration courante de l'élément fonctionnel 3. Dans le cas où l'élément fonctionnel 3 est le dispositif de contrôle d'alimentation en carburant du moteur, le capteur détermine par exemple si les première et deuxième pompes sont dans un état actif ou éteint.
- [0130] Le module d'interfaçage 18 est interposé entre l'interface homme-machine 12 et le module de contrôle 16 et également entre le module de confirmation 14 et le module de contrôle 16.
- [0131] Le module d'interfaçage 18 est configuré pour transmettre la commande principale, générée par l'unité de gestion d'affichage 30, et la commande de sécurité, générée par le module de confirmation 14, au module de contrôle 16. En particulier, le module d'interfaçage 18 est configuré, sur réception de la commande principale, pour transmettre la commande principale au module de contrôle 16. En d'autres termes, lors d'un fonctionnement nominal, la réception de la commande principale par le module de contrôle 16 est réalisée antérieurement dans le temps par rapport à la réception de la commande de sécurité par le module de contrôle 16.
- [0132] Le module d'interfaçage 18 est en outre configuré pour transmettre les informations, générées par le module de contrôle 16, à l'unité de gestion d'affichage 30.
- [0133] Le dispositif de confirmation 20 est indépendant de l'interface homme-machine 12. Par « indépendant », on entend que le dispositif de confirmation 20 présente une électronique ou une mécanique distincte de celle de l'interface homme-machine 12, de sorte qu'une éventuelle avarie de l'interface homme-machine 12 n'impacte pas le dispositif de confirmation 20 et inversement.
- [0134] Le dispositif de confirmation 20 est propre à être actionné par l'opérateur, lorsque la commande principale diffère de la commande suggérée, pour confirmer la commande principale malgré la différence entre la commande principale et la commande suggérée.
- [0135] Par exemple, lorsque la commande suggérée ne correspond pas au passage de l'élément fonctionnel 3 dans la configuration cible et que la demande de confirmation

correspond à une demande de confirmation de passage de l'élément fonctionnel 3 dans la configuration cible, le dispositif de confirmation 20 est propre à être actionné par l'opérateur pour confirmer la commande de passage de l'élément fonctionnel 3 dans la configuration cible même si cette commande n'est pas suggérée. En d'autres termes, le dispositif de confirmation 20 permet au pilote d'outrepasser si nécessaire la procédure de vol en cours.

- [0136] Le dispositif de confirmation 20 comprend par exemple un bouton disposé dans un cockpit de l'aéronef 1.
- [0137] La temporisation après laquelle le module de confirmation 14 génère la commande de sécurité correspond, le cas échéant, au moins au temps nécessaire à l'opérateur pour prendre connaissance de la demande de confirmation et actionner le dispositif de confirmation 20.
- [0138] Avantageusement, le dispositif de confirmation 20 est configuré pour générer une confirmation lorsqu'il est actionné pour confirmer la commande principale. La confirmation comprend par exemple un unique bit de confirmation. Avantageusement, lorsqu'au bout du temps prédéfini, le dispositif de confirmation 20 n'a pas été actionné, la commande principale est infirmée, c'est-à-dire que la commande principale générée suite à l'action de l'opérateur sur l'interface homme-machine 12 n'est alors pas prise en compte par l'architecture de commande 10.
- [0139] Le module d'interfaçage auxiliaire 22 est configuré pour transmettre la confirmation au module de confirmation 14. Selon un exemple, le module d'interfaçage auxiliaire 22 est confondu avec le module d'interfaçage 18.
- [0140] Le module 24 de gestion des procédures est configuré pour générer la commande suggérée en fonction de l'étape courante de la procédure de vol en cours et pour transmettre la commande suggérée au module de confirmation 14.
- [0141] La commande suggérée comprend, par exemple, un multiplet de liste de vérification électronique comportant L bits, L étant un entier par exemple égal à 8.
- [0142] En particulier, le module 24 de gestion des procédures est connecté au module de contrôle 16 pour recevoir les informations représentatives de la configuration courante de l'élément fonctionnel 3 afin de déterminer quelle est l'étape courante de la procédure de vol. Avantageusement, pour déterminer automatiquement la procédure de vol à suivre, le module 24 de gestion des procédures se base sur une situation opérationnelle courante de l'aéronef, en particulier de l'élément fonctionnel 3.
- [0143] Le module 24 de gestion des procédures est configuré pour transmettre la commande suggérée à l'interface homme-machine 12.
- [0144] Avantageusement, lorsque l'architecture de commande 10 comprend une pluralité de modules 24 de gestion des procédures, certains modules 24 sont associés à la gestion d'un premier type de procédure et certains autres modules 24 sont associés à la gestion

d'un deuxième type de procédure. Par exemple, le premier type de procédure correspond à des procédures d'urgence et le deuxième type de procédure correspond à des procédures nominales. Notamment, les procédures d'urgence sont destinées à être suivies lors de situations urgentes (par exemple lors d'une situation mettant en péril l'intégrité de l'aéronef ou de celle de ses passagers) et les procédures nominales sont destinées à être suivies lors de situations nominales, c'est-à-dire des situations ne présentant pas de caractère urgent.

[0145] Dans ce qui suit, on décrit un procédé de commande de l'élément fonctionnel 3 entre une pluralité de configurations à l'aide de l'architecture de commande 10. Ici, l'opérateur souhaite passer l'élément fonctionnel 3 dans une configuration cible.

[0146] Par exemple, initialement, l'unité de gestion d'affichage 30 affiche à destination de l'opérateur les informations représentatives de la configuration courante de l'élément fonctionnel 3. L'opérateur consulte l'afficheur 28 pour prendre connaissance des informations. Les informations indiquent que l'élément fonctionnel 3 est dans une configuration courante différente de la configuration cible.

[0147] Le module 24 de gestion des procédures génère la commande suggérée en fonction de l'étape courante de la procédure de vol en cours et la transmet au module de confirmation 14. Avantageusement, le module 24 transmet également la commande suggérée à l'interface homme-machine 12.

[0148] L'unité de gestion d'affichage 30 génère alors l'au moins une indication d'action suggérée pour l'opérateur représentative de la commande suggérée et à destination de l'opérateur l'au moins une indication d'action suggérée.

[0149] Premièrement, une commande principale est générée en fonction d'une action de l'opérateur visant à passer l'élément fonctionnel 3 dans la configuration cible. Pour ce faire, dans l'exemple de la [Fig.2] où l'afficheur 28 est un écran tactile, l'opérateur pointe la portion 106 de l'écran tactile. Avantageusement, lorsque la commande suggérée correspond au passage de l'élément fonctionnel 3 dans la configuration cible, l'opérateur localise aisément la portion 106 grâce à l'élément graphique 108. Lorsque la commande suggérée ne correspond pas au passage de l'élément fonctionnel 3 dans la configuration cible, l'élément graphique 108 ne signale pas la portion 106. L'opérateur reconnaît alors aisément que le pointage de la portion 106 n'est pas suggéré conformément à la procédure de vol en cours.

[0150] En particulier, l'unité de gestion d'affichage 30 génère la commande principale.

[0151] Ensuite, la commande principale est transmise au module de contrôle 16, notamment par l'intermédiaire du module d'interfaçage 18, ainsi qu'au module de confirmation 14. En particulier, l'unité de gestion d'affichage 30 transmet la commande principale simultanément au module d'interfaçage 18 et au module de confirmation 14. Notamment, sur réception de la commande principale, le module d'interfaçage 18

transmet la commande principale au module de contrôle 16.

- [0152] Lorsque la commande principale correspond à la commande suggérée, le module de confirmation 14 génère la commande de sécurité associée à la commande principale.
- [0153] Avantageusement, lorsque la commande principale ne correspond pas à la commande suggérée, le module de confirmation 14 génère une demande de confirmation de la commande principale. Le module de confirmation 14 transmet ensuite la demande de confirmation à l'unité de gestion d'affichage 30 qui, notamment, l'affiche à destination de l'opérateur sur l'afficheur 28. En particulier, la chaîne de caractères de la demande de confirmation est affichée sur l'afficheur 28. En lisant la chaîne de caractères de la demande de confirmation, l'opérateur reconnaît si la demande de confirmation correspond à une demande de confirmation de passage de l'élément fonctionnel 3 dans la configuration cible ou non.
- [0154] Avantageusement, lorsque la commande principale diffère de la commande suggérée, en prenant compte de la demande de confirmation, s'il le désire, l'opérateur actionne le dispositif de confirmation 20 pour confirmer la commande principale.
- [0155] Après la transmission de la commande principale au module de confirmation 14, notamment lorsque la commande principale correspond à la commande suggérée, le module de confirmation 14 génère la commande de sécurité associée à la commande principale.
- [0156] En particulier, le module de confirmation 14 génère la commande de sécurité après une temporisation commençant lorsqu'il reçoit la commande principale.
- [0157] Après la transmission de la commande principale au module de confirmation 14, notamment lorsque la commande principale diffère de la commande suggérée, le module de confirmation 14 génère la commande de sécurité associée à la commande principale lorsque le dispositif de confirmation est actionné pour confirmer la commande principale.
- [0158] La commande de sécurité est transmise au module de contrôle 16.
- [0159] Lorsque la commande principale correspond à la commande principale attendue de passage de l'élément fonctionnel 3 dans la configuration cible et lorsque la commande de sécurité correspond à la commande de sécurité attendue de passage de l'élément fonctionnel 3 dans la configuration cible, l'élément fonctionnel 3 est passé dans la configuration cible.
- [0160] En particulier, le module de contrôle 16 reçoit successivement dans le temps une première commande et une deuxième commande. Le champs mémoire principal 34 du module de contrôle 16 stocke la première commande. Le champs mémoire de sécurité 36 du module de contrôle 16 stocke la deuxième commande.
- [0161] L'unité de vérification 40 génère l'autorisation de passage de l'élément fonctionnel 3 dans la configuration cible lorsque simultanément la première commande stockée dans

le champs mémoire principal 34 correspond à la commande principale attendue correspondant au passage de l'élément fonctionnel 3 dans la configuration cible et la deuxième commande stockée dans le champs mémoire de sécurité 36 correspond à la commande de sécurité attendue correspondant au passage de l'élément fonctionnel 3 dans la configuration cible.

- [0162] Après avoir généré l'autorisation de passage de l'élément fonctionnel 3 dans la configuration cible, l'unité de vérification 40 transmet ladite autorisation de passage à l'unité de contrôle 42.
- [0163] L'unité de contrôle 42 passe alors l'élément fonctionnel 3 dans la configuration cible.
- [0164] L'unité de contrôle 42 génère alors des informations représentatives de la configuration courante de l'élément fonctionnel 3, mises à jour et les stocke dans sa zone mémoire en y écrasant les informations présentes.
- [0165] Avantagement, si au bout d'un temps prédéfini, commençant lors du stockage de la première commande dans le champs mémoire principal 34, aucune deuxième commande n'est reçue par le module de contrôle 16, l'unité 44 de gestion des champs mémoires vide le champs mémoire principal 34.
- [0166] Avantagement, le module de contrôle 16 génère les informations représentatives de la configuration courante de l'élément fonctionnel 3. En particulier, comme explicité ci-dessus, l'unité de contrôle 42 génère les informations.
- [0167] Ces informations mises à jour sont alors transmises à l'unité de gestion d'affichage 30.
- [0168] L'opérateur peut alors consulter l'afficheur 28 pour évaluer si l'action qu'il a réalisée sur l'interface homme-machine 12 a abouti à un passage de l'élément fonctionnel 3 vers sa configuration cible. Alternativement ou en complément, l'opérateur peut consulter un instrument au sein du cockpit lui indiquant la configuration de l'élément fonctionnel 3.
- [0169] Selon une variante, l'afficheur 28 est un écran non-tactile. L'opérateur agit alors avec l'afficheur 28 par l'intermédiaire, par exemple, d'une souris.
- [0170] Selon une autre variante, l'interface homme-machine 12 comporte un périphérique d'entrée audio, tel qu'un microphone. L'action de l'opérateur visant à passer l'élément fonctionnel 3 dans la configuration cible est alors une commande vocale.
- [0171] Selon encore une autre variante, le dispositif de confirmation 20 est actionnable entre plusieurs configurations dont l'une correspond à une confirmation de la commande principale et une autre correspond à une infirmation de la commande principale.
- [0172] Selon encore une autre variante, pour déterminer la procédure de vol à suivre, le module de gestion des procédures 24 se base sur un choix de l'opérateur déterminé par une action de l'opérateur sur un dispositif dédié de l'aéronef. En d'autres termes, la procédure à suivre est choisie manuellement par l'opérateur.

- [0173] Selon encore une autre variante, le module d'interfaçage 18 illustré en pointillés sur la [Fig.1] est un module supplémentaire au deux modules d'interfaçage 18, illustrés en traits pleins.
- [0174] Dans tout ce qui précède, l'architecture de commande comprend au moins un calculateur comportant un processeur et au moins une mémoire contenant des modules logiciels susceptibles d'être exécutés par le processeur. Dans ce cadre, les modules de confirmation 14, de contrôle 16, d'interfaçage 18, d'interfaçage auxiliaire 22 et de gestion des procédures 24 sont des modules logiciels stockés dans la mémoire. En variante, au moins une partie des modules sont réalisés sous forme de circuits électroniques dédiés.
- [0175] Grâce à l'invention, les risques de réalisation d'une fonction non-souhaitée par l'architecture de commande 10, c'est-à-dire la prise en compte par le module de contrôle 16 d'une commande ne correspondant pas à une commande souhaitée par l'opérateur sont considérablement réduits. Grâce à l'invention, un tel risque est avantageusement inférieur à  $10^{-7}$ . Cette probabilité faible d'erreur est notamment atteinte grâce au double contrôle simultané de correspondance entre la commande principale, générée en fonction d'une action de l'opérateur, et la commande principale attendue de passage de l'élément fonctionnel 3 dans la configuration cible et entre la commande de sécurité, générée en fonction de la commande principale, et la commande de sécurité attendue de passage de l'élément fonctionnel 3 dans la configuration cible.
- [0176] Ce risque est davantage diminué grâce aux caractéristiques suivantes :
- [0177] - la commande principale est confirmée et la commande de sécurité est générée lorsque la commande principale correspond à la commande suggérée pour la suite de la procédure de vol en cours. Ceci permet vérification de la pertinence de la commande principale sans ajouter de charge de travail à l'opérateur. Si la commande principale ne correspond pas à la commande suggérée, le passage de l'élément fonctionnel 3 vers sa configuration cible n'est pas effectué. L'opérateur peut alors supposer que son action vis-à-vis de l'interface homme-machine était erronée ou que l'unité de gestion d'affichage présente une avarie ;
- [0178] - la commande principale et la commande de sécurité sont différentes, en particulier les multiplats principal et de sécurité sont différents. Ceci permet de réduire le risque pour le module de contrôle de les confondre ;
- [0179] - la commande principale attendue, respectivement la commande de sécurité attendue, correspondant au passage de l'élément fonctionnel dans la configuration cible est différente de toute commande principale attendue, respectivement toute commande de sécurité attendue, correspondant à une commande alternative différent du passage de l'élément fonctionnel dans la configuration cible. Ceci permet de réduire le risque pour le module de contrôle d'autoriser par erreur, le passage de l'élément

fonctionnel vers une configuration autre que celle de la configuration cible ; et

[0180] - les informations représentatives de la configuration courante de l'élément fonctionnel sont affichées à destination de l'opérateur. L'opérateur peut suivre l'évolution de la configuration courante de l'élément fonctionnel suite à son action sur l'interface homme-machine pour vérifier le passage de l'élément fonctionnel vers la configuration cible.

## Revendications

[Revendication 1]

Architecture (10) de commande d'au moins un élément fonctionnel (3) d'un aéronef (1) pilotable entre une pluralité de configurations, l'architecture (10) comprenant :

- au moins une interface homme-machine (12) comportant un afficheur (28) et une unité (30) de gestion d'affichage sur l'afficheur (28), l'unité de gestion d'affichage (30) étant configurée pour générer une commande principale en fonction d'une action d'un opérateur visant à passer l'au moins un élément fonctionnel (3) dans une configuration cible ;
  - au moins un module (16) de contrôle de l'au moins un élément fonctionnel (3) apte à piloter l'au moins un élément fonctionnel (3) entre ses configurations ;
  - au moins un module d'interfaçage (18) configuré pour transmettre la commande principale à l'au moins un module de contrôle (16) ; caractérisé en ce que l'architecture de commande (10) comprend, en outre :
  - au moins un module (14) de confirmation de la commande principale, configuré pour générer une commande de sécurité associée à la commande principale ; et
  - au moins un module (24) de gestion des procédures configuré pour générer une commande suggérée en fonction d'une étape courante d'une procédure de vol en cours de l'aéronef (1) et la transmettre à l'au moins un module de confirmation (14) ;
- l'au moins un module de confirmation (14) générant la commande de sécurité lorsque la commande principale correspond à la commande suggérée,
- l'au moins un module d'interfaçage (18) étant configuré pour transmettre la commande de sécurité à l'au moins un module de contrôle (16),
- l'au moins un module de contrôle (16) passant l'au moins un élément fonctionnel (3) dans la configuration cible lorsque la commande principale correspond à une commande principale attendue de passage de l'au moins un élément fonctionnel (3) dans la configuration cible et lorsque la commande de sécurité correspond à une commande de sécurité attendue de passage de l'au moins un élément fonctionnel (3) dans la configuration cible.

- [Revendication 2] Architecture de commande (10) selon la revendication 1, dans lequel la commande principale comprend un multiplet principal, la commande principale attendue comprend un multiplet principal attendu, la commande de sécurité comprend un multiplet de sécurité et la commande de sécurité attendue comprend un multiplet de sécurité attendu, le multiplet principal et le multiplet principal attendu comprenant respectivement N bits, le multiplet de sécurité et le multiplet de sécurité attendu comprenant respectivement M bits, N et M étant notamment des entiers supérieurs à 8, N et M étant par exemple égaux entre eux, notamment respectivement égaux à 16.
- [Revendication 3] Architecture de commande (10) selon la revendication 2, dans lequel :
- au moins K bits sont distincts entre le multiplet principal attendu et le multiplet de sécurité attendu ;
  - au moins K bits sont distincts entre le multiplet principal attendu correspondant au passage de l'au moins un élément fonctionnel (3) dans la configuration cible et tout multiplet principal attendu correspondant à une commande alternative différant du passage de l'au moins un élément fonctionnel (3) dans la configuration cible ;
  - au moins K bits sont distincts entre le multiplet de sécurité attendu correspondant au passage de l'au moins un élément fonctionnel (3) dans la configuration cible et tout multiplet de sécurité attendu correspondant à une commande alternative différant du passage de l'au moins un élément fonctionnel (3) dans la configuration cible,
- K étant un entier inférieur ou égal au minimum entre N et M, K étant notamment supérieur ou égal à 4.
- [Revendication 4] Architecture de commande (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle l'unité de gestion d'affichage (30) est configurée pour transmettre simultanément la commande principale à l'au moins un module d'interfaçage (18) et à l'au moins un module de confirmation (14), l'au moins un module d'interfaçage (18) étant configuré, sur réception de la commande principale, pour transmettre la commande principale à l'au moins un module de contrôle (16), l'au moins un module de confirmation (14) générant la commande de sécurité après une temporisation commençant lorsque l'au moins un module de confirmation (14) reçoit la commande principale.
- [Revendication 5] Architecture de commande (10) selon la revendication 4, dans lequel l'au moins un module de contrôle (16) est configuré pour recevoir suc-

cessivement dans le temps une première commande et une deuxième commande, l'au moins un module de contrôle (16) comprenant :

- un champs mémoire principal (34) configuré pour stocker la première commande ;
- un champs mémoire de sécurité (36) configuré pour stocker la deuxième commande ;
- une unité de vérification (40) générant une autorisation de passage de l'au moins un élément fonctionnel (3) dans la configuration cible lorsque simultanément la première commande stockée dans le champs mémoire principal (34) correspond à la commande principale attendue correspondant au passage de l'au moins un élément fonctionnel (3) dans la configuration cible et la deuxième commande stockée dans le champs mémoire de sécurité (36) correspond à la commande de sécurité attendue correspondant au passage de l'au moins un élément fonctionnel (3) dans la configuration cible, l'unité de vérification (40) étant configurée pour transmettre l'autorisation de passage à une unité de contrôle (42) ; et
- l'unité de contrôle (42), passant l'au moins un élément fonctionnel (3) dans la configuration cible lorsqu'elle reçoit l'autorisation de passage de l'au moins un élément fonctionnel (3) dans la configuration cible.

[Revendication 6]

Architecture de commande (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le module (24) de gestion des procédures est, en outre, configuré pour transmettre la commande suggérée à l'au moins une interface homme-machine (12), l'unité de gestion d'affichage (30) étant apte à générer au moins une indication d'action suggérée pour l'opérateur représentative de la commande suggérée et à afficher à destination de l'opérateur l'au moins une indication d'action suggérée préalablement à l'action de l'opérateur.

[Revendication 7]

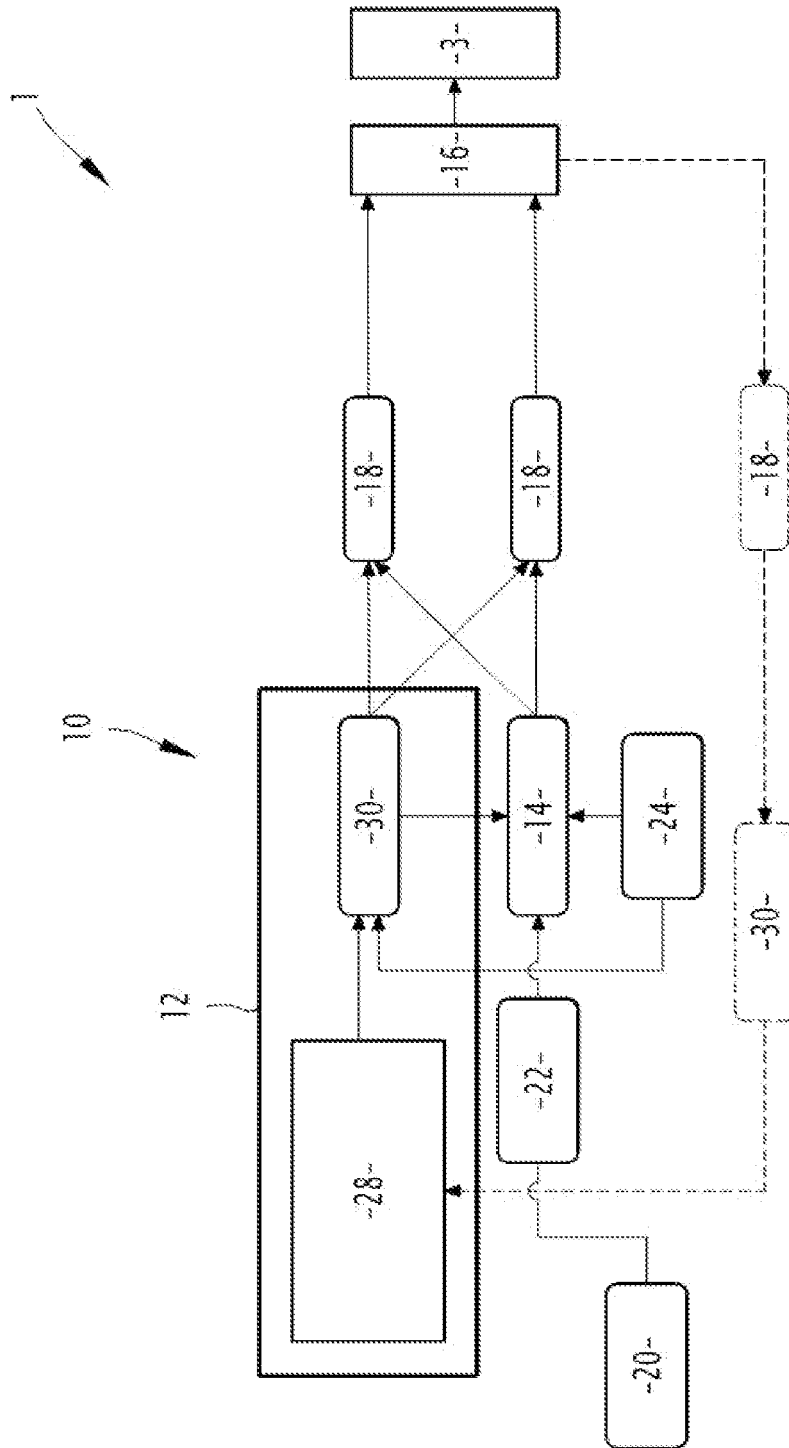
Architecture de commande (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la commande suggérée comprend un multiplet de liste de vérification électronique comportant L bits, L étant un entier par exemple égal à 8.

[Revendication 8]

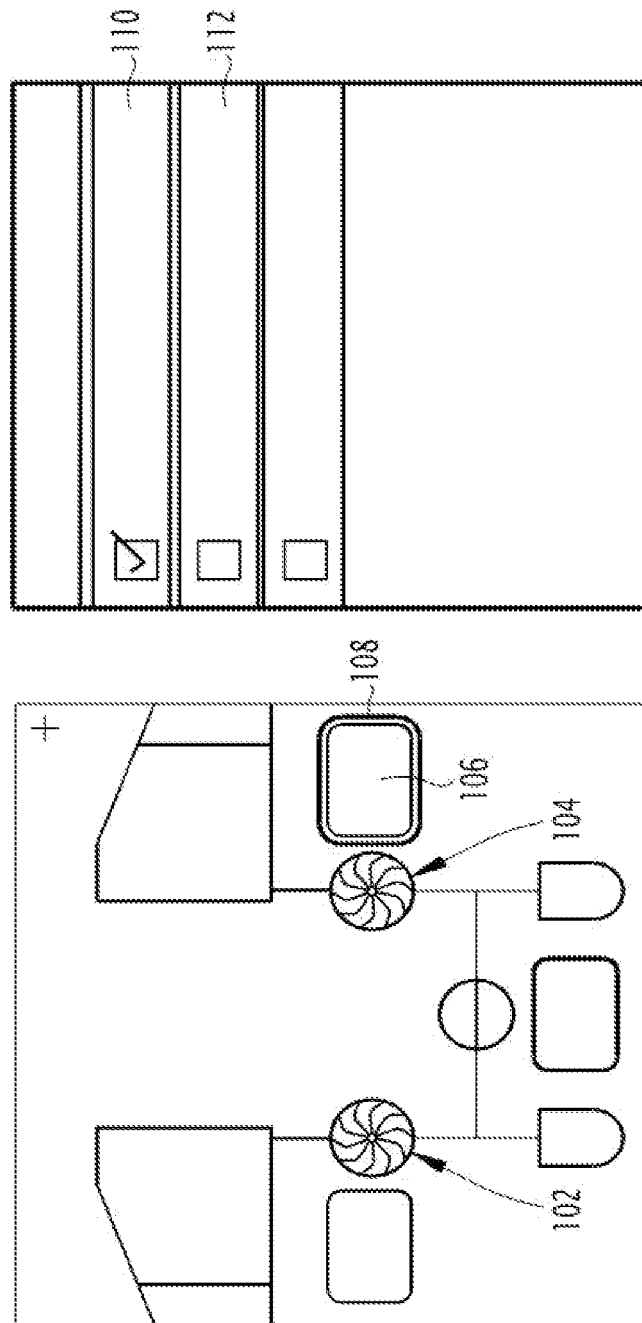
Architecture de commande (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'au moins un module de contrôle (16) est configuré pour générer des informations représentatives d'une configuration courante de l'au moins un élément fonctionnel (3), l'unité de gestion d'affichage (30) étant apte à afficher lesdites informations sur l'afficheur (28) à destination de l'opérateur.

- [Revendication 9] Architecture de commande (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, comprenant en outre au moins un dispositif de confirmation (20) indépendant de l'au moins une interface homme-machine (12) et propre à être actionné par l'opérateur, lorsque la commande principale diffère de la commande suggérée, pour confirmer la commande principale, l'au moins un module de confirmation (14) générant la commande de sécurité lorsque l'au moins un dispositif de confirmation (20) est actionné pour confirmer la commande principale.
- [Revendication 10] Procédé de commande d'au moins un élément fonctionnel (3) d'un aéronef (1), pilotable entre une pluralité de configurations à l'aide d'une architecture de commande (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, le procédé comprenant :
- la génération de la commande suggérée en fonction d'une étape courante d'une procédure de vol en cours et la transmission de la commande suggérée à l'au moins un module de confirmation (14) ;
  - la génération de la commande principale en fonction d'une action d'un opérateur visant à passer l'au moins un élément fonctionnel (3) dans la configuration cible ;
  - la transmission de la commande principale à l'au moins un module de contrôle (16) et à l'au moins un module de confirmation (14) ;
  - la génération par l'au moins un module de confirmation (14) de la commande de sécurité associée à la commande principale lorsque la commande principale correspond à la commande suggérée ;
  - la transmission de la commande de sécurité à l'au moins un module de contrôle (16) ; et
  - le passage de l'au moins un élément fonctionnel (3) dans la configuration cible lorsque la commande principale correspond à la commande principale attendue de passage de l'au moins un élément fonctionnel (3) dans la configuration cible et lorsque la commande de sécurité correspond à la commande de sécurité attendue de passage de l'au moins un élément fonctionnel (3) dans la configuration cible.
- [Revendication 11] Procédé de commande selon la revendication 10, dans lequel le module (24) de gestion des procédures transmet en outre la commande suggérée à l'au moins une interface homme-machine (12), l'unité de gestion d'affichage (30) générant au moins une indication d'action suggérée pour l'opérateur représentative de la commande suggérée et affichant à destination de l'opérateur l'au moins une indication d'action suggérée.

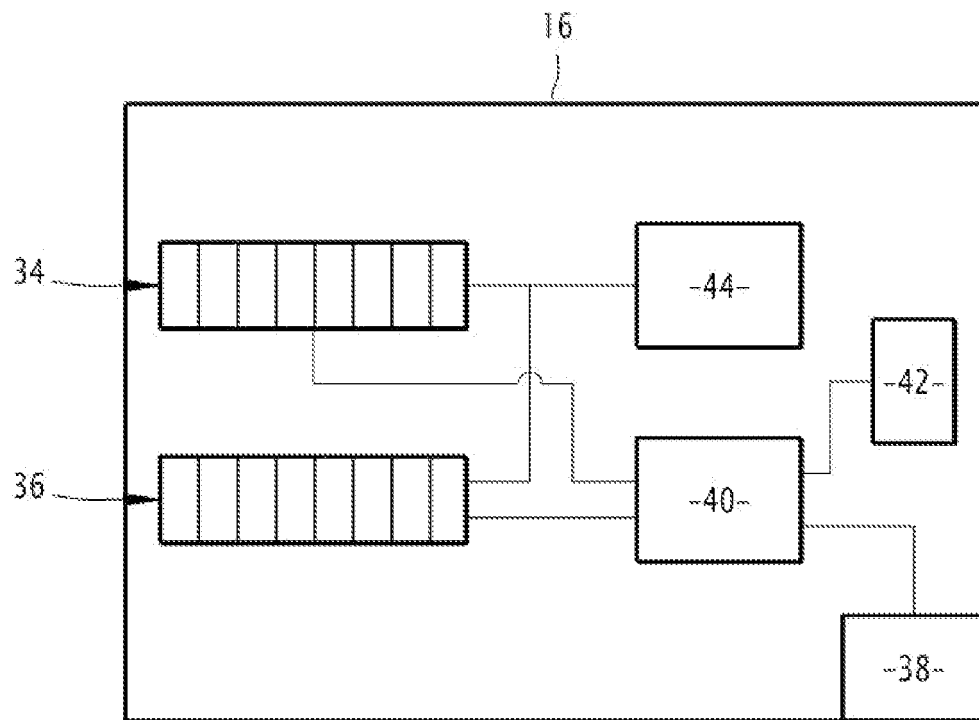
[Fig. 1]



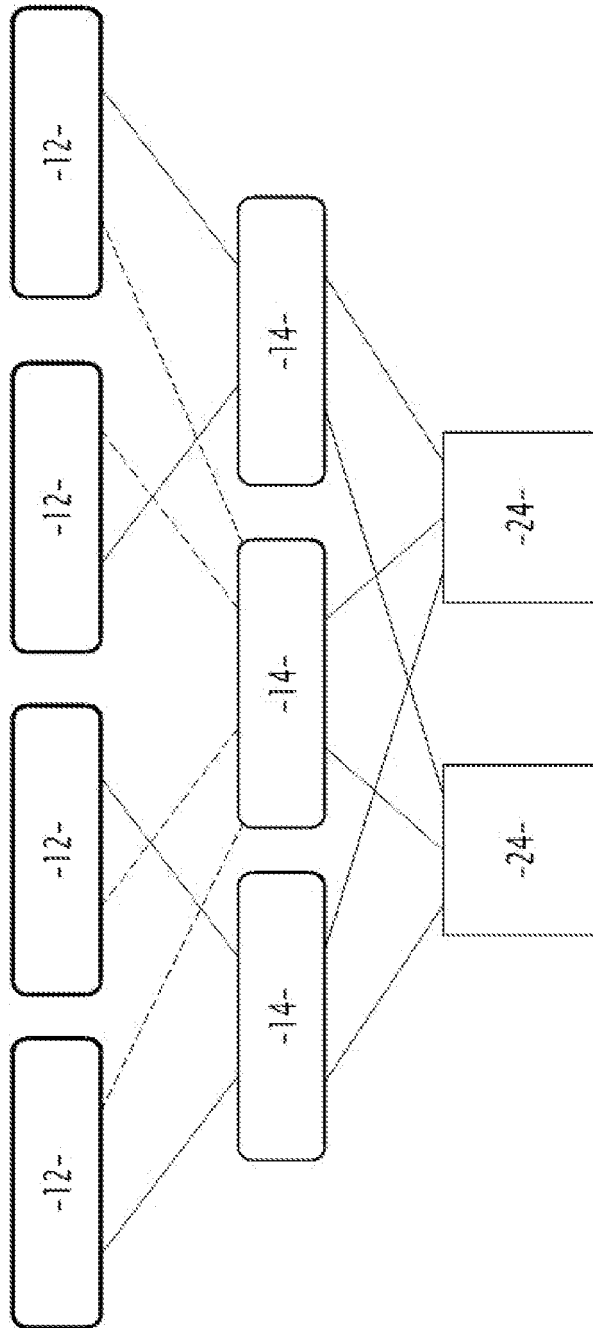
[Fig. 2]



[Fig. 3]



[Fig. 4]



# RAPPORT DE RECHERCHE

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

## OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

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

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

## CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

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

☒ Le demandeur a maintenu les revendications.

☐ Le demandeur a modifié les revendications.

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

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

☐ Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

## DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

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

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

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

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

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

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

NEANT

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

FR 3 087 019 A1 (THALES SA [FR])  
10 avril 2020 (2020-04-10)

EP 3 376 375 A1 (HONEYWELL INT INC [US])  
19 septembre 2018 (2018-09-19)

FR 3 089 375 A1 (AIRBUS OPERATIONS SAS  
[FR]) 5 juin 2020 (2020-06-05)

FR 3 072 475 A1 (THALES SA [FR])  
19 avril 2019 (2019-04-19)

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

NEANT