

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 01.12.00.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la demande : 07.06.02 Bulletin 02/23.

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

60 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

71 Demandeur(s) : THOMSON CSF Société anonyme — FR.

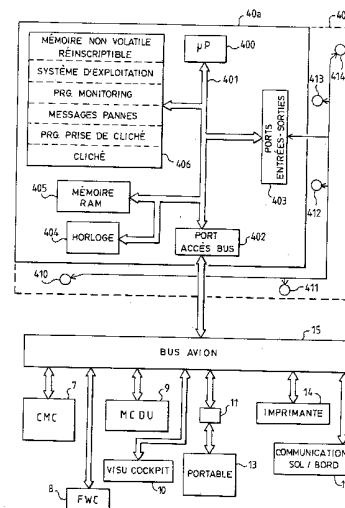
72 Inventeur(s) : FOURNIER FRANCOIS et MONTESINOS GERARD.

73 Titulaire(s) :

74 Mandataire(s) : THALES "INTELLECTUAL PROPERTY".

54 SYSTEME AMELIORE POUR LA MAINTENANCE D'UN ENSEMBLE D'EQUIPEMENTS.

57 L'invention est relative à des circuits électroniques de surveillance de bon fonctionnement solidaires d'équipements (1-6), de parties d'équipements (20-23, 30-32) ou de regroupements (11) d'équipements, qui mémorisent, en cas de détection d'une panne, des valeurs prises par les principaux paramètres de l'équipement surveillé et de son environnement, mémorisation dite prise de clichés de données BITE, et qui stockent les définitions de leurs clichés de données BITE dans des tables reconfigurables placées dans des mémoires non volatiles réinscriptibles afin de permettre des mises à jour aisées de ces définitions tout au long de la durée d'exploitation de l'ensemble des équipements dont ils assurent la surveillance.



## SYSTEME AMELIORE POUR LA MAINTENANCE D'UN ENSEMBLE D'EQUIPEMENTS

La présente invention concerne la maintenance d'un ensemble d'équipements, tel que l'ensemble des équipements avioniques d'un aéronef qui remplissent les diverses fonctions utiles à l'accomplissement d'un vol.

Un aéronef comporte un grand nombre d'équipements, de  
5 différentes natures, mécanique, hydraulique, électrique ou électronique dont le bon fonctionnement est essentiel au cours d'un vol.

Pour améliorer le degré de confiance accordé à ces équipements et pour en assurer la maintenance, on procède, le plus souvent possible, pour chacun d'eux, à une surveillance de leur bon fonctionnement consistant  
10 à les pourvoir de mécanismes internes, matériels et/ou logiciels, de détection d'anomalies connus sous la dénomination anglo-saxonne de "monitoring". Ces monitoring ont pour fonction principale d'assurer la sécurité du vol en testant fréquemment, la disponibilité des l'équipements, c'est-à-dire la normalité de leurs comportements, et pour fonction auxiliaire, une aide à la  
15 maintenance facilitant la localisation des pannes sur les équipements.

Dans sa fonction principale de sécurité du vol, fonction connue sous la dénomination anglo-saxonne de "safety", un monitoring a la charge d'émettre des alarmes à destination du pilote pour l'avertir d'une éventuelle indisponibilité soudaine de l'équipement surveillé. Dans ce rôle, où la notion  
20 de sécurité est primordiale, les opérations de surveillance et de test effectuées par un monitoring sur un équipement en cours de fonctionnement et les éléments matériels et/ou logiciels ajoutés à l'équipement en vue de ces opérations de surveillance et de test participent directement à la fiabilité de fonctionnement de l'équipement. Ils doivent, pour cette raison, être  
25 particulièrement étudiés et soumis à des procédures de certification contraignantes, ce qui fait qu'ils sont, la plupart du temps, définis une fois pour toutes à la conception de l'équipement et n'évoluent pas au cours de la durée de vie de l'équipement.

Dans sa fonction auxiliaire d'aide à la maintenance, fonction  
30 connue sous le sigle "BITE", tirée de l'expression anglo-saxonne "Built In Test Equipment", un monitoring a la charge de fournir, à chaque fois qu'il a engendré une alarme de non-disponibilité en exécution de sa fonction principale de sécurité du vol, un rapport d'état de fonctionnement plus ou

moins détaillé destiné à enrichir un rapport de post-vol dit PFR ou LLR de l'anglo-saxon "Post Flight Report" ou Last Leg Report" fait à l'intention du personnel de maintenance au sol.

5 Suivant le degré d'équipement des aéronefs, l'alarme de non-disponibilité d'un équipement engendrée par un monitoring est envoyée au poste de pilotage de l'aéronef, soit dans son état brut, soit après un traitement plus ou moins élaboré dans un calculateur centralisé, spécialisé dans le traitement des alarmes provenant de l'ensemble des équipements de l'aéronef, souvent dénommé calculateur FWC de l'anglo-saxon "Flight  
10 Warning Computer". A son arrivée au niveau du cockpit, elle est souvent appelée FDE, de l'anglo-saxon « Flight Deck Effect ».

Le rapport de fonctionnement engendré par une fonction BITE d'aide à la maintenance est mémorisé au niveau de l'équipement concerné sous forme de clichés de données BITE et peut être soit consulté par le  
15 personnel de maintenance au sol au moyen d'un interface clavier-écran tel que le MCDU de l'anglo-saxon "Multipurpose Control Display Unit" par lequel l'équipage d'un aéronef dialogue avec les différents équipements de celui-ci ou d'une console spécialisée genre PC portable raccordée pour l'occasion, au bus de transmission de données avion.

20 Suivant le degré d'équipement d'un aéronef, le rapport de fonctionnement élaboré par une fonction BITE d'aide à la maintenance peut également être envoyé à un calculateur central de maintenance dit calculateur CMC ou CFDIU de l'anglo-saxon "Central Maintenance Computer", ou "Centralised Fault Display Interface Unit". Ce calculateur  
25 central de maintenance corrèle les rapports de fonctionnement issus des fonctions BITE des différents équipements de l'aéronef, entre eux et avec les alarmes de non-disponibilité d'équipements après leur traitement par le calculateur FWC pour en tirer un rapport de post-vol PFR ou LLR général au niveau de l'ensemble des équipements de l'aéronef surveillés par des  
30 monitoring. Ce rapport de post-vol PFR ou LLR renferme un historique des messages d'alarme de non-disponibilité émis par les différents équipements de l'aéronef pourvus de monitoring et des alarmes présentées à l'équipage ainsi que la synthèse des messages de non-disponibilité faite en dernier ressort et plus généralement, toutes les informations sur les états de  
35 fonctionnement des équipements, susceptibles de faciliter le travail de

l'équipe de maintenance au sol, que ces informations résultent d'une exploitation automatique des messages de pannes des équipements ou de remarques de l'équipage.

Après chaque vol, le pilote rédige un rapport sur le déroulement  
5 du vol consigné dans un cahier de suivi de l'aéronef dit PLB de l'anglo-saxon  
"Pilot Log Book" dans lequel il consigne les alarmes de non-disponibilité  
d'équipements FDE apparues au niveau du poste de pilotage avec des  
commentaires éventuels apportant des précisions sur les circonstances  
10 d'apparition des alarmes. Lors de l'opération de maintenance, l'équipe de  
maintenance au sol prend connaissance de l'état de fonctionnement des  
équipements de l'aéronef à partir du rapport de vol PLB rédigé par le pilote  
et du rapport de post-vol PFR ou LLR plus spécialement destiné à la  
maintenance. Elle exploite ces documents pour la localisation des  
15 équipements réellement défailants avec l'aide de manuels techniques édités  
par le constructeur de l'aéronef tels que les manuels FIM ou TSM de l'anglo-  
saxon "Fault Isolation Manual" ou "Trouble Shooting Manual" qui formalisent  
les procédures à suivre en fonction des informations contenues dans les  
rapports PLB et PFR. Une fois les pannes localisées, l'équipe de  
20 maintenance procède aux opérations de remplacement des équipements ou  
parties d'équipement défailants en suivant des procédures formalisées dans  
un manuel technique spécifique édité par le constructeur de l'aéronef tel que  
le manuel AMM de l'anglo-saxon "Aircraft Maintenance Manual". Elle termine  
sa prestation en rédigeant, dans le cahier PLB de suivi de l'aéronef, un  
compte-rendu de son intervention où figure une proposition de "bon état de  
25 vol" que le pilote du vol suivant considère avant d'accepter sa mission.

Un équipement comporte une mémoire non volatile réinscriptible  
dans laquelle sont stockés les clichés de données BITE qui rassemblent des  
résultats de monitoring tels que : des franchissements de norme par des  
paramètres surveillés, et des comptes-rendus de tests, et qui sont sensés  
30 donner une image précise du fonctionnement de l'équipement dans son  
environnement au moment de l'apparition d'un message d'alarme de non-  
disponibilité.

Pour réduire les temps d'immobilisation au sol d'un aéronef, ses  
équipements, qu'ils soient mécaniques comme des valves, des pompes etc.,  
35 électriques comme des interrupteurs, des relais, des batteries etc., ou

électroniques comme des calculateurs de pilote automatique, de navigation etc., sont, le plus souvent possible, conçus de manière à pouvoir être facilement démontés et remplacés rapidement par échange standard. On parle alors d'équipements LRU de l'expression anglo-saxonne "Line  
5 Replaceable Unit".

Le concept de pièces facilement démontables et remplaçables par échange standard est même étendu à un échelon inférieur d'assemblage, au sein des équipements eux-mêmes, par utilisation d'architectures modulaires, avec des modules facilement démontables et remplaçables par échange  
10 standard, certains pouvant être multifonctions, c'est-à-dire utilisables dans plusieurs équipements différents ou supportant plusieurs fonctions en temps partagé. On parle alors de modules LRM de l'anglo-saxon "Line Replaceable Module".

Une fonction BITE de monitoring peut exister à chacun des deux  
15 niveaux possibles d'échange standard de pièces au sein d'un aéronef : niveau équipement LRU et niveau module LRM. Elle est dite fonction BITE de ressource lorsqu'elle s'intéresse à une composition matérielle (hardware en anglo-saxon) ou au logiciel de premier niveau utilisé (système d'exploitation, drivers,..) et fonction BITE d'application lorsqu'elle s'intéresse  
20 à des logiciels de niveaux supérieurs. Elle est assurée par une électronique dont une partie matérielle plus ou moins importante suit le sort de la pièce surveillée.

Une fonction BITE de monitoring peut également exister à un troisième niveau d'assemblage regroupant plusieurs module LRM placés  
25 dans une même armoire ou étagère. Elle est alors dite fonction BITE globale et consiste en un prédiagnostic facilitant celui du calculateur central de maintenance.

Un exemple de système de maintenance des équipements d'un aéronef au moyen de fonctions BITE intégrées aux équipements et d'un  
30 calculateur central de maintenance du genre précité est décrit dans le brevet américain US 4,943,919.

Une fois qu'une partie d'équipement ou un équipement a été repéré comme défaillant et déposé d'un aéronef, il convient de le dépanner dans une station de réparation. Pour faciliter ce dépannage, il est connu  
35 d'utiliser les informations sur le fonctionnement de la pièce déposée

contenues dans le ou les clichés de données BITE stockés dans la mémoire non volatile de la partie matérielle de l'électronique assurant la fonction BITE de la pièce déposée, qui reste solidaire de cette pièce même après sa dépose. En effet, les clichés de données BITE, essentiellement conçus dans un but d'aide au dépannage, rassemblent des informations de fonctionnement considérées comme caractéristiques des divers défauts de fonctionnement envisageables, telles que les états de certaines variables système, logicielles et/ou matérielles propres à la pièce surveillée et éventuellement à son environnement, pris dès détection d'un comportement anormal de ladite pièce dans son environnement habituel de fonctionnement. A cette fin, la mémoire non volatile stockant les clichés BITE de la pièce déposée, qui reste solidaire de cette pièce, est prévue pour pouvoir être consultable non seulement à bord de l'aéronef alors que la pièce est en place, mais également en station de réparation par l'intermédiaire d'un appareillage de test spécialement adapté à cette fonction de consultation et utilisé pour diagnostiquer la panne.

Dans le cadre des aéronefs existants, les monitorings utilisent pour leurs fonctions "safety" et BITE des éléments matériels et/ou logiciels qui sont définis et complètement figés au moment du développement des équipements, et qui ne sont pas aisément modifiables par la suite au cours de la période d'exploitation de l'aéronef, d'éventuelles modifications pouvant remettre en cause la fiabilité de l'équipement surveillé et nécessitant de ce fait, des contrôles poussés formalisés par l'ouverture d'un nouveau standard et impliquant des coûts et des délais très importants de certification. Or, la maintenance des équipements d'un aéronef, alors qu'il est en condition réelle d'exploitation, peut faire apparaître, au niveau d'une fonction BITE et notamment des clichés de données BITE, des besoins nouveaux, non prévus au moment de la conception des équipements, par exemple lorsqu'il se manifeste une panne exotique non envisagée à la conception de l'équipement.

La présente invention a pour but de faciliter l'évolution d'une fonction BITE, au cours de la vie de l'équipement surveillé, pour une prise en

compte, au niveau de la maintenance, des enseignements tirés de l'exploitation de l'équipement en condition réelle.

Plus précisément, elle a pour but de doter, dès l'origine, une fonction BITE, d'une capacité à évoluer, sans modification matérielle ni  
5 logicielle, en pourvoyant ses moyens de scrutation prenant les clichés de données BITE, d'une table reconfigurable d'adresses de paramètres et/ou de comptes-rendus de tests à introduire dans les clichés de données BITE, les adresses figurant dans cette table étant sélectionnées dans un annuaire plus  
10 général d'adresses de paramètres et de comptes-rendus de tests pour chacune desquelles l'influence des routines de scrutation sur la fiabilité de fonctionnement de l'équipement surveillé a été dûment contrôlée à la conception du monitoring. Les adresses de la table peuvent également être prise en dehors de l'annuaire d'adresses pour lesquelles l'influence des routines de scrutation sur la fiabilité de l'équipement surveillé a été contrôlée  
15 mais il faut alors faire ce contrôle avant de les autoriser.

Il est même envisageable, toujours, sans modifier la partie matérielle du monitoring mais en touchant à sa partie logicielle, de prévoir, pour les tests de bon fonctionnement, une table de définition reconfigurable. Il faut alors contrôler, avant d'utiliser des tests nouveaux ou modifiés, que  
20 leurs exécutions ne diminuent pas la fiabilité de fonctionnement de l'équipement surveillé

Cette nouvelle facilité d'évolution, sans modification matérielle ni, éventuellement, logicielle, autorise des opérations de mise à jour des fonctions BITE ou d'une partie de ces fonctions BITE associées aux pièces  
25 d'équipement ou équipements en vue d'améliorer l'efficacité de la maintenance en cours d'exploitation. Elle permet également de faciliter la recherche de l'origine d'une panne ou d'une anomalie de fonctionnement en focalisant momentanément la surveillance des monitoring et un ou plusieurs clichés de données BITE sur les éléments des équipements soupçonnés  
30 d'être à l'origine des dysfonctionnements constatés. Grâce à elle, il est possible d'améliorer, pour l'avenir, l'identification d'une panne non prévue au cours du développement de l'équipement et donc d'améliorer la qualité de la réparation et de réduire sa durée. On peut également espérer réduire le nombre de fausses déposes en améliorant les messages de panne afin

d'éliminer les mauvaises interprétations apparues au cours de l'exploitation de l'aéronef.

Elle a pour objet un système amélioré de maintenance pour un ensemble d'équipements avec, des circuits électroniques de surveillance de bon fonctionnement de chaque équipement, comportant, au niveau de chaque équipement, une partie matérielle et/ ou logicielle pourvue :

- de moyens de scrutation et de test de certains paramètres de fonctionnement de l'équipement surveillé,
- d'au moins une mémoire non volatile réinscriptible, et
- de moyen d'écriture dans la ou les mémoires non volatiles réinscriptibles d'un ou plusieurs clichés de données BITE renfermant des résultats des scrutations,

Ce système est remarquable en ce que les moyens de scrutation et de test d'un circuit électronique de surveillance de bon fonctionnement d'un équipement comportent une table reconfigurable d'adresses de paramètres et/ou de comptes-rendus de tests à introduire dans les clichés de données BITE qu'ils viennent lire lors d'une prise de cliché de données BITE pour déterminer les paramètres et comptes-rendus de test à scruter.

Avantageusement, les moyens de scrutation et de test d'un circuit électronique de surveillance de bon fonctionnement d'un équipement comportent également une table reconfigurable de définition de tests de bon fonctionnement qu'ils viennent consulter pour conduire des tests.

Avantageusement, lorsqu'un circuit électronique de surveillance de bon fonctionnement d'un équipement comporte des moyens d'élaboration d'un prédiagnostic, ces moyens sont pourvus d'une table reconfigurable de définition du processus d'établissement du prédiagnostic.

Avantageusement, les moyens de scrutation et de test d'un circuit électronique de surveillance de bon fonctionnement d'un équipement comportent au moins une mémoire non volatile réinscriptible pour stocker leur table reconfigurable d'adresses de paramètres et/ou de comptes-rendus

de tests et des moyens d'écriture avec restriction d'accès pour cette mémoire non volatile réinscriptible stockant leur table reconfigurable d'adresses de paramètres et/ou de comptes-rendus de tests.

5           Avantageusement, les moyens de scrutation et de test d'un circuit électronique de surveillance de bon fonctionnement d'un équipement comportent au moins une mémoire non volatile réinscriptible pour stocker leur table reconfigurable de définition de tests de bon fonctionnement et des  
10 réinscriptible stockant leur table reconfigurable de définition de tests de bon fonctionnement.

Avantageusement, lorsqu'un circuit électronique de surveillance de bon fonctionnement d'un équipement comporte des moyens d'élaboration  
15 d'un prédiagnostic avec une table reconfigurable de définition du processus d'établissement du prédiagnostic, celle-ci est stockée dans une mémoire non volatile réinscriptible pourvue de moyens d'écriture avec restriction d'accès.

Avantageusement, les moyens d'écriture dans les mémoires non  
20 volatiles réinscriptibles stockant des adresses de paramètres et/ou de comptes-rendus de tests, des définitions de tests ou des définitions de processus de prédiagnostic au niveau des circuits électroniques de surveillance de bon fonctionnement, sont accessibles par un calculateur central de maintenance, par un interface écran-clavier, par un calculateur  
25 portable ou par un banc de test, par l'intermédiaire d'une ou plusieurs liaisons de transmission de données.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront de la description ci-après d'un mode de réalisation donné à titre d'exemple.  
30 Cette description sera faite en regard du dessin dans lequel :

- une figure 1 représente, de manière schématique, un exemple d'architecture du système amélioré de maintenance d'équipements pour aéronef, et
- une figure 2 représente un exemple d'architecture pour un circuit  
35 électronique de surveillance de bon fonctionnement selon

l'invention, intégré à une pièce d'équipement ou un équipement amovible.

Les principaux équipements d'un aéronef moderne contribuant à l'accomplissement du vol tels que les moteurs de propulsion, les moteurs actionnant les gouvernes de direction et de profondeur ainsi que les différents volets, le train d'atterrissage, etc., les interfaces de commande de ces différents moteurs, les appareils de mesure des paramètres aérodynamiques, du cap, de l'altitude, de position, de vitesse, le pilote automatique, le calculateur de gestion du vol, le calculateur de gestion du carburant, les appareils de radiocommunication, etc. sont pourvus de dispositifs individuels de surveillance de bon fonctionnement, contenant des mécanismes matériels et/ou logiciels de détection d'anomalies de fonctionnement dits "monitoring", réalisant, en cours de vol et éventuellement au sol, des contrôles des principaux paramètres de fonctionnement de ces appareils ainsi que des tests automatiques, semi-automatiques ou manuels lorsque cela s'avère nécessaire et engendrant des alarmes de dysfonctionnement lorsque les paramètres mesurés sortent des plages de valeurs autorisées ou lorsque les résultats d'un test ne sont pas ceux attendus.

La génération d'alarmes de panne ou non disponibilité, est la fonction principale dite "safety" d'un monitoring d'équipement mais il en a une deuxième qui est l'aide à la maintenance de l'équipement et qui est connue sous le nom de fonction BITE. Dans son deuxième rôle d'aide à la maintenance ou fonction BITE, le monitoring est chargé de fournir un état des lieux, sous forme de clichés de données BITE, au moment de la détection d'un dysfonctionnement de l'équipement surveillé pour faciliter la compréhension de la panne et donc sa réparation.

La diversité des messages de pannes possibles ainsi que des possibilités de propagation de la panne initiale d'un équipement à d'autres équipements dépendants rend difficile, pour l'équipage ou le personnel de maintenance, l'établissement en temps réel ou en fin de vol, et dans toutes les situations possibles, d'un diagnostic de l'état général de l'aéronef. C'est pourquoi, les aéronefs modernes sont équipés d'un calculateur central FWC spécialisé dans le traitement des alarmes de panne émises par les

monitoring des différents équipements à destination du pilote de l'aéronef et d'un ordinateur central de maintenance chargé d'un traitement automatique, aussi poussé que possible, des messages de pannes et des clichés de données BITE émis par les monitoring des différents équipements pour  
5 faciliter la localisation du ou des équipements défaillants

Pour faciliter la maintenance d'un aéronef et diminuer ses durées d'immobilisation au sol, on cherche de plus en plus à généraliser l'échange standard, aussi bien au niveau de certaines pièces d'équipement, qu'au niveau de certains équipements complets. Ces pièces d'équipement ou  
10 équipements facilement démontables sont alors pourvus, à leurs niveaux respectifs d'assemblage, de leurs propres monitoring, matériels et/ou logiciels assurant une surveillance de leurs paramètres fondamentaux de fonctionnement et la conduite de tests automatiques, semi-automatiques ou manuels de bon fonctionnement pour établir un diagnostic de panne pouvant  
15 mener à l'émission de messages de panne et pour enregistrer les clichés de données BITE lorsque cela s'avère nécessaire.

La figure 1 montre, de manière schématique, une architecture de système de maintenance centralisée tel que l'on peut en trouver dans un aéronef moderne. On y distingue un ensemble d'équipements 1 à 6  
20 géographiquement dispersés dans la cellule de l'aéronef et reliés entre eux, ainsi qu'à un ordinateur central de maintenance 7, à un ordinateur central de traitement des alarmes 8, à un dispositif de visualisation cockpit 10, à un interface clavier-écran 9 permettant un dialogue de l'équipage de l'aéronef avec les équipements, à un moyen de communication sol/bord 12, à un  
25 ordinateur portable 13 et à une imprimante 14 par l'intermédiaire d'une liaison de transmission de données avion 15.

Tous les équipements 1 à 6 sont pourvus de monitoring assumant une fonction "safety" et une fonction BITE à leurs niveaux. Ces monitoring ont une partie matérielle 1a, 2a, 3a, 4a, 5a, 6a solidaire de l'équipement  
30 surveillé. Chaque équipement peut communiquer ses messages de panne au ordinateur central de maintenance 7 et au ordinateur central de traitement des alarmes 8 par l'intermédiaire de la liaison de transmission de données avion 15.

Certains équipements, comme les équipements 1, 4, 5, 6 sont  
35 indivisibles et n'ont, individuellement, qu'un monitoring assurant des

fonctions "safety" et BITE au niveau global de l'équipement lui-même. Ce "monitoring" possède une partie matérielle 1a, 4a, 5a, 6a solidaire de l'équipement surveillé.

5 D'autres équipements, comme les équipements 2, 3, sont conçus selon une architecture modulaire, et renferment différents modules 20, 21, 22, 23 ou 30, 31, 32 facilement démontables et remplaçables par échange standard. Ces équipements 2, 3, sont alors pourvus chacun d'un monitoring assurant des fonctions "safety" et BITE au niveau global de l'équipement et de différents monitoring assurant individuellement des fonctions "safety" et  
10 BITE au niveau de leurs modules. Les monitoring opérant au niveau global d'un équipement ont une partie matérielle 2a, 3a solidaire de l'équipement, souvent, de l'un des modules de celui-ci, tandis que les monitoring opérant au niveau des modules 20, 21, 22, 23, 30, 31, 32 comportent chacun une partie matérielle 20a, 21a, 22a, 23a ou 30a, 31a, 32a solidaire du module  
15 surveillé.

Certains enfin des équipements 1, 2 sont géographiquement isolés alors que d'autres 3, 4, 5, 6 sont regroupés dans des armoires ou étagères 11, elles-mêmes équipées individuellement d'un monitoring, avec une partie matérielle 11a, assumant des fonctions "safety" et BITE au niveau  
20 du regroupement d'équipements.

Les équipements sont connectés à la liaison de transmission de données avion 15, qui peut être par exemple un bus de type ARINC 429, 629 ou Ethernet, auquel peuvent être également connectés le calculateur central de maintenance 7, le calculateur central de traitement des alarmes 8,  
25 l'interface clavier-écran 9, le dispositif de visualisation cockpit 10, une imprimante 14, des moyens de communication sol/bord 12 et un calculateur portable 13.

Le calculateur central de maintenance 7, effectue, en temps réel ou en fin de vol, un diagnostic de l'état général de l'aéronef et localise le ou  
30 les équipements défaillants.

Le calculateur central de traitement des alarmes 8 effectue un filtrage des alarmes lui parvenant des monitoring des différents équipements pour ne transmettre à l'équipage que les alarmes utiles à la conduite du vol.

L'interface clavier-écran 9, qui permet un échange de commandes  
35 et d'informations entre un opérateur et le calculateur central de maintenance

7 et le calculateur central de traitement des alarmes 8, est l'interface utilisé par ailleurs, et c'est sa fonction principale, pour permettre à l'équipage d'échanger des consignes et des informations avec le pilote automatique PA, le calculateur de gestion du vol FMS (Flight Management System en langue  
5 anglo-saxonne) et le calculateur de gestion du carburant.

L'imprimante 14 est placée dans le poste de pilotage en un endroit facilement accessible et reliée, par le bus de transmission de données avion 15, à différents équipements dont le calculateur central de maintenance 7 et le calculateur central de traitement des alarmes 8.

10 Lorsqu'elle a procédé à un échange standard d'un module d'équipement ou d'un équipement complet à la suite des indications contenues dans le rapport de "post-vol" délivré par le calculateur central de maintenance 7, indications précisées éventuellement par des tests supplémentaires de fonctionnement programmés depuis l'interface écran-clavier 9, l'équipe de maintenance au sol de l'aéronef envoie la pièce  
15 déposée : module, équipement complet, à une station de réparation pour révision avec une note d'accompagnement expliquant les raisons de la dépose. Arrivée à la station de réparation, la pièce déposée est soumise à des tests pour établir un diagnostic de réparation, réparée et contrôlée avant  
20 d'être déclarée à nouveau bonne pour le service. Dans un certain nombre de cas, le diagnostic de réparation se révèle difficile à établir.

Pour aider au diagnostic de réparation d'une pièce pourvue d'un monitoring, on a pensé recourir à un état de la situation au moment de la détection d'un dysfonctionnement, c'est-à-dire de l'émission d'une alarme  
25 par la fonction "safety" du monitoring, alors que la pièce est encore en place dans l'aéronef, en prévoyant, de faire effectuer par le monitoring, une opération supplémentaire de mémorisation, dite prise de clichés BITE, consistant à enregistrer les valeurs des principaux paramètres caractérisant le fonctionnement de la pièce et/ou de l'environnement de la pièce au  
30 moment de la détection du dysfonctionnement, au moyen d'une mémoire non volatile, c'est-à-dire conservant les données mémorisées en cas de suppression d'alimentation électrique, qui reste solidaire de la pièce. Ainsi, il est possible, à l'arrivée de cette pièce en station de réparation, de consulter les clichés BITE stockés dans la mémoire non volatile du circuit de  
35 monitoring qui lui est solidaire. L'étude de ces clichés BITE apporte des

renseignements sur les premiers instants de fonctionnement anormal de la pièce, qui permettent souvent de repérer la panne initiale avant qu'elle ne soit masquée par ses conséquences.

Il arrive cependant, qu'au cours de l'exploitation d'un aéronef, certaines pannes d'équipement soient difficiles à élucider, notamment lorsque la panne est une panne passagère dont on ne parvient pas à recréer les conditions d'apparition. Souvent, lorsqu'on ne parvient pas à recréer les conditions d'apparition d'une panne, on a des intuitions que l'on aurait pu préciser si les paramètres surveillés ou les comptes-rendus de tests figurant dans les clichés de données BITE avaient été différents. En outre, le message de panne émis par le monitoring d'une pièce se révèle parfois, au cours de l'exploitation de l'aéronef, inadapté à certaines situations de panne non prévues en cours du développement de l'aéronef.

Pour faciliter le dépannage et améliorer la maintenance, on propose donc de doter les monitoring réalisant les fonctions BITE associées à un module d'équipement ou un équipement complet, d'une capacité à évoluer, sans modification matérielle et même éventuellement logicielle, au niveau du contenu des clichés BITE et même des définitions des tests effectués ou du prédiagnostic réalisé lorsqu'un tel prédiagnostic est mené, en inscrivant tout ou partie des définitions des clichés BITE, des tests ou du prédiagnostic dans une ou plusieurs mémoire(s) non volatile(s) réinscriptible(s) et en munissant le calculateur central de maintenance, l'interface clavier-écran, un calculateur portable ou, en atelier, le banc de test, d'un programme ou de commandes leur permettant d'aller lire et écrire ou de commander la lecture et l'écriture par l'équipement lui même, dans ces mémoires selon une procédure sécurisée.

La figure 2 donne un exemple possible de configuration d'un monitoring avec une partie matérielle, spécifique ou non, 40a solidaire d'une pièce 40 dont elle suit les tribulations lors des poses et déposes, cette pièce 40 pouvant être, comme cela a été envisagé précédemment, un module d'équipement (20, 21, 22, 23, 30, 31, 32 figure 1) ou un équipement (1, 2, 3, 4 figure 1).

La partie matérielle 40a du monitoring comporte un microprocesseur 400 associé, par un bus de données et de commandes

401, à un port 402 d'accès bidirectionnel au bus de la liaison de transmission de données avion 15, à des ports d'entrées-sorties 403 le mettant en communication avec des capteurs et des actionneurs 410, 411, 412, 413, 414 répartis sur la pièce 40, à une horloge 404, à une mémoire vive de travail 405 et à une mémoire non volatile réinscriptible 406.

Le port 402 d'accès bidirectionnel au bus de la liaison de transmission de données avion 15 est un circuit spécialisé que l'on trouve dans tout équipement raccordé à un bus de la liaison de transmission de données avion. Il fait l'interface entre un équipement et le bus de la liaison de transmission de données avion, c'est-à-dire opère d'une part, la transition, dans les deux sens, entre une organisation de données adaptée à un équipement et une organisation de données adaptée à la liaison de transmission de données avion et, d'autre part, le passage, dans les deux sens, d'un signal véhiculant les données aux caractéristiques physiques adaptées à un équipement, à un signal véhiculant les données aux caractéristiques physiques adaptées au bus de la liaison de transmission. Il ne sera pas détaillé car il ne fait pas partie de l'invention. Il suffit de savoir qu'il interface le bus de la liaison de transmission de données sur laquelle il définit un accès bidirectionnel, au niveau de l'équipement.

Les ports d'entrées-sorties 403 assurent la liaison du bus de données et de commandes 401 du microprocesseur 400 avec les capteurs et actionneurs 410 à 414 qui sont dispersés au sein de la pièce 40 et dont les scrutations et les commandes sont à la base des tests de surveillance de bon fonctionnement.

Le circuit d'horloge 404 fournit un temps de référence. Il peut permettre au microprocesseur 400 d'associer une date, une heure et une minute précises à chaque test de bon fonctionnement qu'il effectue, à chaque message de panne qu'il émet et à chaque cliché de données BITE qu'il prend.

La mémoire vive 405 qui est de type RAM (Random Access Memory en langage anglo-saxon) sert de mémoire de travail au microprocesseur 400.

La mémoire non volatile réinscriptible 406, qui peut être réalisée en plusieurs éléments avec des privilèges d'accès différents, est constituée, par exemple, d'une ou plusieurs mémoires mortes effaçables électriquement

dite EEPROM (Electrical Erasable/Programmable Read-Only Memory en langage anglo-saxon). Elle sert au stockage de données résidentes constituées des différents programmes exécutés par le microprocesseur 400, de tables de définition auxquelles le microprocesseur 400 a recours lors  
5 des exécutions de ses différentes tâches et des clichés de données BITE. Parmi les programmes stockés, figurent le système d'exploitation pris au sens large, c'est-à-dire incluant la gestion des entrées-sorties et l'interprétation des commandes ainsi qu'un programme de monitoring qui définit l'enchaînement des opérations de surveillance effectuées et leurs  
10 natures : scrutation de paramètres, tests, génération d'alarme, prise de clichés BITE et différentes routines partagées entre plusieurs programmes. Parmi les tables de définition, figurent des tables de définition des contenus des clichés de données BITE, des tables de définition de tests et éventuellement des tables de définition d'un processus de prédiagnostic.

15 Le microprocesseur 400 assume le monitoring de la pièce 40, c'est-à-dire essentiellement une fonction "safety" et une fonction BITE au niveau de cette pièce 40, ainsi que parfois différentes fonctions ancillaires permettant de répondre à certaines demandes spécifiques que le calculateur central de maintenance 7 ou un autre équipement tel que l'interface écran-clavier 9 ou un ordinateur portable 13 lui adresse par l'intermédiaire du bus avion 15, comme la remise à l'heure de l'horloge, la commande d'un actionneur, la consultation d'un capteur ou du contenu de sa mémoire non  
20 volatile réinscriptible, la réinscription de tout ou partie de cette dernière, etc.

L'interface clavier-écran 9 ou le calculateur portable 13 peut être  
25 pourvu d'un lecteur de mémoire amovible disquette, CDROM ou autres, permettant de lire des instructions pour la réécriture de mémoires non volatiles réinscriptibles de circuits de monitoring d'équipements qui ont été préparées à l'avance en fonction de mises à jour souhaitées, ce qui simplifie grandement la tâche des équipes de maintenance au sol de l'aéronef.

30 Bien entendu, la mémoire non volatile réinscriptible 406 peut être pourvue, dans un but d'éviter les fausses manœuvres, de moyens de restriction d'accès d'écriture en exigeant une confirmation de l'ordre d'écriture ou la délivrance d'un mot de passe. Il en est de même pour le calculateur de maintenance 7, le clavier-écran 9 ou le calculateur portable 13  
35 qui peuvent être pourvus de moyens de restriction d'accès limitant l'accès à

leurs commandes ou à leurs moyens de lecture-écriture à distance des mémoires non volatiles réinscriptibles des circuits de monitoring.

Le fait de stocker, dans des tables reconfigurables les adresses des paramètres ou comptes-rendus de tests à faire figurer dans les clichés de données BITE, consultées par les moyens de scrutation et de test d'un monitoring permet de modifier, en cours d'exploitation d'un équipement, les contenus des clichés de données BITE pour améliorer leur pertinence en situation réelle, cela sans toucher à la partie matérielle du monitoring, et en ne modifiant que très peu son comportement logiciel puisque la routine de scrutation allant chercher les adresses des paramètres et des comptes-rendus de tests à scruter est définie et figée à la conception du monitoring, c'est-à-dire de l'équipement et son influence sur la fiabilité de l'équipement, contrôlée dans tous les cas d'adressage envisageables, ceux-ci pouvant être consignés dans un annuaire à respecter lors de toute reconfiguration d'une table, un non respect de l'annuaire entraînant des contrôles supplémentaires beaucoup moins lourds que lors d'une modification logicielle.

Le fait de stocker des définitions de tests dans des tables reconfigurables permet d'envisager de nouveaux tests de bon fonctionnement au cours de la durée d'exploitation d'un équipement au prix d'une légère modification du comportement du monitoring dont l'influence sur la fiabilité de l'équipement peut être contrôlée de façon assez facile.

Le fait de stocker la définition d'un processus de prédiagnostic dans une table reconfigurable apporte beaucoup de facilité dans l'affinage du diagnostic final sans avoir aucune influence sur la fiabilité de fonctionnement d'un équipement puisqu'un processus de prédiagnostic n'intervient pas directement sur les parties vives de l'équipement.

## REVENDEICATIONS

1. Système amélioré pour la maintenance d'un ensemble d'équipements  
5 avec des circuits électroniques de surveillance de bon fonctionnement (1a,  
2a, 3a, etc.) de chaque équipement (1, 2, 3, etc.) comportant, au niveau de  
chaque équipement(1, 2, 3, etc.), une partie matérielle et/ou logicielle  
pourvue :

- 10 – de moyens de scrutation et de test de certains paramètres de  
fonctionnement de l'équipement surveillé,
- d'au moins une mémoire non volatile réinscriptible, et
- de moyens d'écriture dans la ou les mémoires non volatiles  
réinscriptibles d'un ou plusieurs clichés de données BITE  
renfermant des résultats des scrutations,

15 ce système étant caractérisé en ce que les moyens de scrutation et de test  
d'un circuit électronique de surveillance de bon fonctionnement comporte  
une table reconfigurable d'adresses de paramètres et/ou de comptes-rendus  
de tests à introduire dans les clichés de données BITE qu'ils viennent lire  
lors d'une prise de cliché de données BITE pour déterminer les paramètres  
20 et comptes-rendus de test à scruter.

2. Système selon la revendication 1, caractérisé en ce que, les  
moyens de scrutation et de test d'un circuit électronique de surveillance de  
bon fonctionnement d'un équipement comportent également une table  
25 reconfigurable de définition de tests de bon fonctionnement qu'ils viennent  
consulter pour conduire des tests.

3. Système selon la revendication 1, caractérisé en ce que,  
lorsqu'un circuit électronique de surveillance de bon fonctionnement d'un  
30 équipement comporte des moyens d'élaboration d'un prédiagnostic, ces  
moyens sont pourvus d'une table reconfigurable de définition du processus  
d'établissement du prédiagnostic.

4. Système selon la revendication 1, caractérisé en ce que les  
35 moyens de scrutation et de test d'un circuit électronique de surveillance de  
bon fonctionnement d'un équipement comportent au moins une mémoire

non volatile réinscriptible (406) pour stocker leur table reconfigurable d'adresses de paramètres et/ou de comptes-rendus de tests et des moyens d'écriture avec restriction d'accès pour cette mémoire non volatile réinscriptible stockant leur table reconfigurable d'adresses de paramètres et/ou de comptes-rendus de tests.

5  
10  
15  
20  
25  
30  
35

5. Système selon la revendication 2, caractérisé en ce que, les moyens de scrutation et de test d'un circuit électronique de surveillance de bon fonctionnement d'un équipement comportent au moins une mémoire non volatile réinscriptible (406) pour stocker leur table reconfigurable de définition de tests de bon fonctionnement et des moyens d'écriture avec restriction d'accès pour cette mémoire non volatile réinscriptible stockant leur table reconfigurable de définition de tests de bon fonctionnement.

15  
20  
25  
30  
35

6. Système selon la revendication 3, caractérisé en ce que le circuit électronique de surveillance de bon fonctionnement d'un équipement comporte au moins une mémoire non volatile réinscriptible (406) pour stocker leur table reconfigurable de définition du processus d'établissement du prédiagnostic, pourvue de moyens d'écriture avec restriction d'accès.

20  
25  
30  
35

7. Système selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens de réécriture à distance des tables d'adresses de paramètres et/ou de comptes-rendus de tests à introduire dans les clichés de données BITE appartenant aux différents circuits électroniques de surveillance de bon fonctionnement.

30  
35

8. Système selon la revendication 2, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens de réécriture à distance des tables de définition de tests appartenant aux différents circuits électroniques de surveillance de bon fonctionnement.

35

9. Système selon la revendication 3, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens de réécriture à distance des tables de définition de processus de prédiagnostic appartenant aux différents circuits électroniques de surveillance de bon fonctionnement.

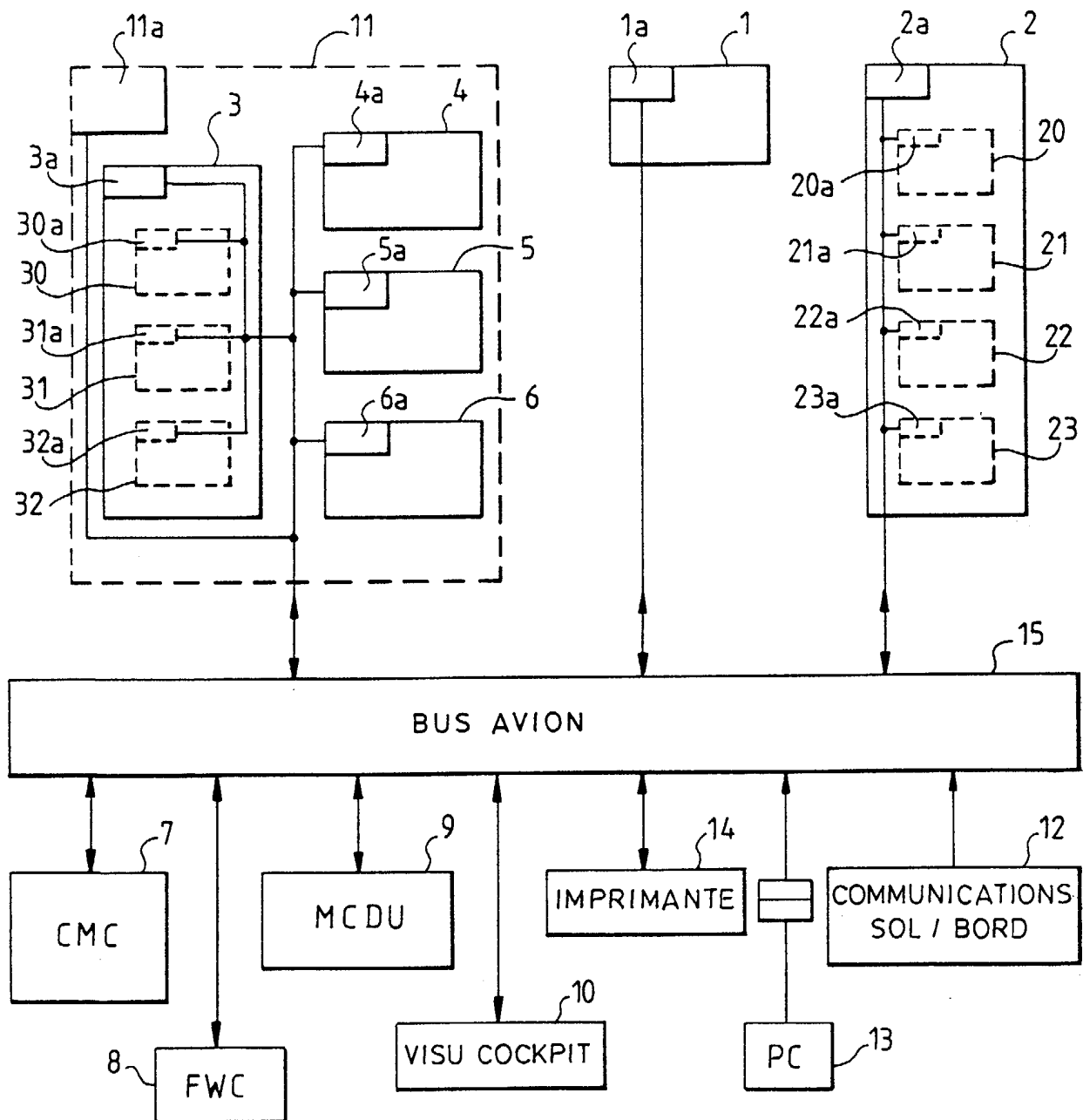


FIG.1

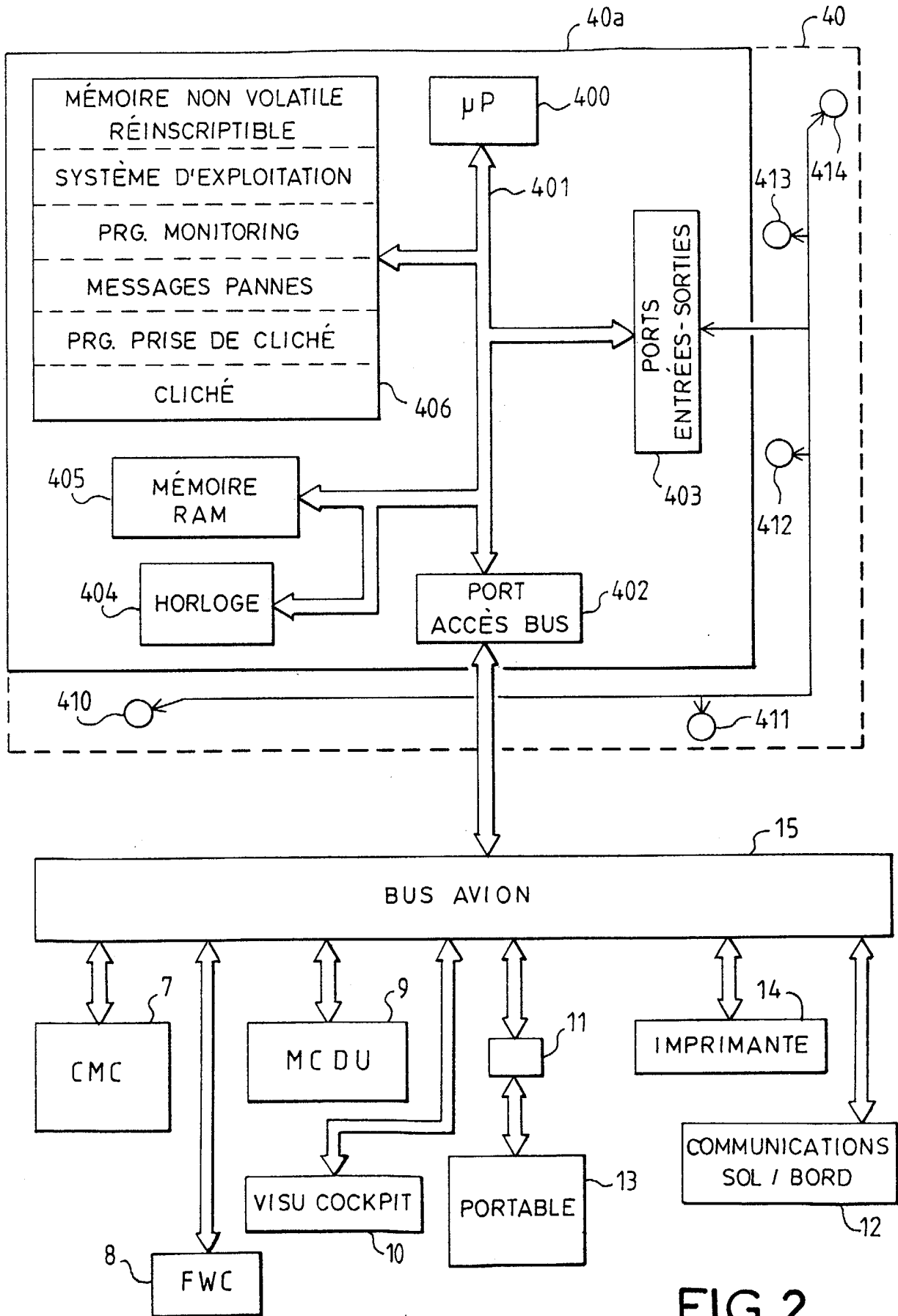


FIG.2

