

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

①1 N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

3 149 730

②1 N° d'enregistrement national : 23 05942

⑤1 Int Cl⁸ : H 02 J 50/20 (2023.01), H 02 J 50/80, H 04 B 5/00

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 12.06.23.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la demande : 13.12.24 Bulletin 24/50.

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

⑥0 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

⑦1 Demandeur(s) : SAFRAN NACELLES Société par actions simplifiée — FR.

⑦2 Inventeur(s) : MERIEL Olivier.

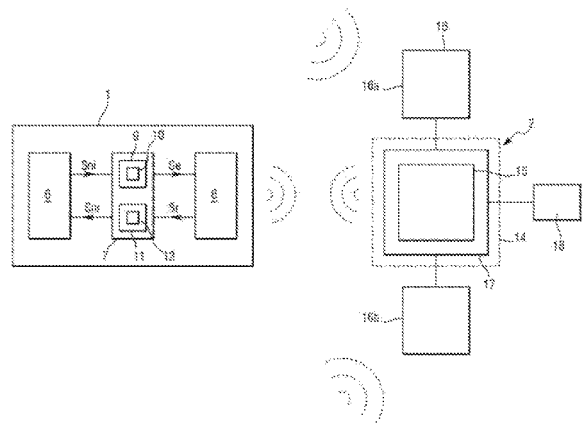
⑦3 Titulaire(s) : SAFRAN NACELLES Société par actions simplifiée.

⑦4 Mandataire(s) : CABINET BOETTCHER.

⑤4 Dispositif radiofréquence multi-antennes comprenant une antenne de récupération d'énergie.

⑤7 Dispositif électrique (2) comportant une antenne primaire (15) et au moins une antenne secondaire (16) ayant une fréquence de résonance différente de celle de l'antenne primaire, le dispositif électrique (2) étant agencé pour être alimenté via l'antenne primaire par une énergie principale issue d'ondes électromagnétiques principales émises par un dispositif interrogateur (1) sur une bande de fréquences primaire comprenant la fréquence primaire, et pour échanger des données avec ledit dispositif interrogateur via l'antenne primaire, le dispositif électrique (2) étant aussi agencé pour capter via l'antenne secondaire des ondes électromagnétiques additionnelles qui sont présentes dans son environnement sur une bande de fréquences secondaire comprenant la fréquence secondaire, et pour être alimenté par une énergie additionnelle issue des ondes électromagnétiques additionnelles.

FIGURE DE L'ABREGE : Fig.2



FR 3 149 730 - A1



Description

Titre de l'invention : Dispositif radiofréquence multi-antennes comprenant une antenne de récupération d'énergie

- [0001] L'invention concerne le domaine des dispositifs télé-alimentés, et notamment des dispositifs intégrés dans des avions.
- [0002] ARRIERE-PLAN DE L'INVENTION
- [0003] On envisage d'intégrer dans un avion un système comprenant un dispositif interrogateur et un dispositif électrique, situé à une certaine distance du dispositif interrogateur. Le dispositif interrogateur et le dispositif électrique comprennent chacun au moins une antenne, et ne sont pas reliés par une liaison filaire. Le dispositif électrique intègre par exemple une étiquette de type RFID (pour « *Radio Frequency Identification* »). Dans ce cas, l'antenne en question est intégrée dans l'étiquette de type RFID.
- [0004] Le dispositif électrique peut aussi être intégré sur ou dans un équipement (électrique ou non).
- [0005] Pour interroger le dispositif électrique, le dispositif interrogateur émet via son antenne des ondes électromagnétiques qui sont capturées par le dispositif électrique via son antenne. Le dispositif électrique est alimenté par l'énergie issue de ces ondes, et est ainsi « télé-alimenté » par le dispositif interrogateur. Le dispositif interrogateur et le dispositif électrique échangent aussi des données via ces antennes.
- [0006] Le système utilise donc soit la RFID, soit une technique de communication et de télé-alimentation similaire à la RFID.
- [0007] Classiquement, lorsqu'une étiquette RFID est interrogée, elle transmet en retour un identifiant qui est par exemple représentatif de l'équipement auquel elle est fixée. L'identifiant ainsi retransmis en réponse caractérise par exemple l'équipement de façon unique.
- [0008] Cette technique est donc particulièrement intéressante pour acquérir des identifiants d'équipements, mais aussi lorsque le dispositif électrique est intégré dans un équipement électrique qui lui-même intègre ou est relié à un ou des capteurs.
- [0009] Il est en effet parfois très difficile de connecter par des câbles un concentrateur de données (le dispositif interrogateur) et un équipement électrique intégrant un capteur ou connecté à un capteur, notamment lorsque l'équipement électrique se trouve sur une partie mobile. Il se peut par ailleurs, dans un tel cas, qu'il soit impossible d'équiper l'équipement électrique d'une source d'alimentation telle qu'une pile ou une batterie et ce, pour des raisons d'encombrement ou des raisons liées à l'environnement de l'équipement électrique (hautes températures par exemple). L'utilisation de la télé-

alimentation est alors très intéressante.

- [0010] On note que le dispositif interrogateur peut être lui-même intégré dans l'aéronef, ou bien peut être apporté à proximité de celui-ci par un opérateur au sol.
- [0011] L'une des applications envisagées est un système qui comprend des dispositifs interrogateurs situés sur les mâts-réacteurs de l'aéronef, et des dispositifs électriques sur les nacelles des réacteurs.
- [0012] La principale limitation de performance en termes de portée de ce type de système est la limitation de la puissance du signal d'interrogation généré par le dispositif interrogateur.
- [0013] La limitation de puissance résulte de normes propres au domaine des télécommunications, mais aussi des contraintes propres à l'intégration dans un aéronef.
- [0014] Par exemple, le standard ETSI EN 302 208 limite à 2W la puissance apparente rayonnée dans la bande 865 MHz - 868 MHz. En outre, les normes aéronautiques sont très strictes quant aux émissions d'énergie radiofréquence, pour éviter de perturber le fonctionnement des autres équipements.
- [0015] La limitation de puissance induit forcément une limitation de la portée d'interrogation.
- [0016] Or, les nacelles ont généralement des dimensions qui excèdent les capacités de portée des systèmes RFID lorsque la puissance est limitée à 2W. Il est donc nécessaire de multiplier les antennes émettrices embarquées, et de multiplier les points d'émission du fait de la distance. On augmente donc de manière importante le poids et l'encombrement du système, ce qui est rédhibitoire pour beaucoup de projets d'application de type « RFID » sur nacelles.
- [0017] De plus, les normes environnementales applicables à l'aviation notamment civile nécessitent d'apporter une contribution à la lutte contre le changement climatique. La Déposante prend en considération les facteurs impactant toutes les phases de conception et de développement pour obtenir des composants et des produits aéronautiques moins énergivores, plus respectueux de l'environnement et dont l'intégration et l'utilisation dans l'aviation civile ont des impacts environnementaux modérés dans un but d'amélioration de l'efficacité énergétique des avions.
- [0018] Des travaux de recherche et de développement soutenus portent ainsi à la fois sur les nouvelles générations de moteurs d'avions, l'allègement des appareils, notamment par les matériaux employés et les équipements embarqués allégés, le développement de l'emploi des technologies électriques pour assurer la propulsion, et, indispensables compléments aux progrès technologiques, les biocarburants aéronautiques.
- [0019] Dans ce cadre, il est pertinent d'optimiser la performance des équipements électriques susmentionnés en permettant une meilleure utilisation de la puissance électrique et une augmentation de la portée d'interrogation.

- [0020] Des solutions ont été envisagées dans l'art antérieur, dans le domaine de la RFID, pour augmenter la portée d'interrogation.
- [0021] La solution de l'interrogation multiple consiste, lorsque l'étiquette RFID est trop éloignée de l'antenne du dispositif interrogateur pour répondre dès la première interrogation, à interroger l'étiquette RFID à plusieurs reprises, à intervalles de temps très brefs. Le circuit de l'étiquette RFID conserve ainsi entre deux interrogations une énergie résiduelle qui s'ajoute à l'énergie reçue au cours de chaque interrogation. Après plusieurs interrogations, l'étiquette a capté assez d'énergie pour répondre à la requête.
- [0022] Le temps entre les répétitions d'interrogation doit être compatible avec la durée de charge résiduelle du circuit de l'étiquette RFID. La conservation de l'énergie résiduelle dure très peu de temps, de sorte que le nombre d'interrogations utilisées pour alimenter l'étiquette est limité.
- [0023] Cette solution a pour avantage d'augmenter la portée d'interrogation. Cependant, le nombre d'interrogations nécessaires diminue d'autant la fréquence de rafraîchissement possible de la donnée.
- [0024] La solution de l'interrogation multiple, combinée avec l'intégration d'un ou de plusieurs condensateurs dans le circuit de l'étiquette RFID, permet d'accumuler de l'énergie à chaque interrogation, puis de redistribuer au circuit l'énergie accumulée lorsque la quantité d'énergie requise au fonctionnement de celui-ci est suffisante.
- [0025] Cette solution a pour avantages d'augmenter la portée d'interrogation, et de moins limiter la quantité d'interrogations maximales pouvant être utilisées pour alimenter l'étiquette.
- [0026] Cependant, à nouveau, le nombre d'interrogations nécessaires diminue d'autant la fréquence de rafraîchissement possible de la donnée.
- [0027] **OBJET DE L'INVENTION**
- [0028] L'invention a pour objet :
- [0029] - d'augmenter la distance entre un dispositif interrogateur et un dispositif électrique, le dispositif électrique étant positionné de préférence à bord d'un aéronef, comprenant par exemple une étiquette RFID et étant au moins partiellement alimenté par ledit dispositif interrogateur, ou
- [0030] - à distance équivalente, d'augmenter la fréquence de rafraîchissement des données émises par le dispositif électrique.

Résumé de l'invention

- [0031] En vue de la réalisation de ce but, on propose un dispositif électrique comportant une antenne primaire ayant pour fréquence de résonance une fréquence primaire, et au moins une antenne secondaire ayant pour fréquence de résonance une fréquence se-

conculaire différente de la fréquence primaire, le dispositif électrique étant agencé pour être alimenté via l'antenne primaire par une énergie principale issue d'ondes électromagnétiques principales émises par un dispositif interrogateur sur une bande de fréquences primaire comprenant la fréquence primaire, pour recevoir des premières données émises par le dispositif interrogateur via l'antenne primaire, et pour transmettre des deuxièmes données au dispositif interrogateur via l'antenne primaire, le dispositif électrique étant aussi agencé pour capter via l'antenne secondaire des ondes électromagnétiques additionnelles qui sont présentes dans son environnement sur une bande de fréquences secondaire comprenant la fréquence secondaire, et pour être alimenté par une énergie additionnelle issue des ondes électromagnétiques additionnelles.

- [0032] L'antenne secondaire du dispositif électrique lui permet donc de récupérer une énergie additionnelle issue d'ondes électromagnétiques additionnelles présentes dans l'environnement du dispositif électrique.
- [0033] Ces ondes additionnelles ne sont pas nécessairement destinées au dispositif électrique.
- [0034] Cette énergie additionnelle constitue un complément d'énergie qui s'ajoute à l'énergie transmise par le dispositif interrogateur, que le dispositif électrique reçoit via son antenne principale. Le dispositif électrique peut donc être positionné à une distance plus importante du dispositif interrogateur ou, à distance égale, peut émettre des données avec une fréquence de rafraîchissement plus élevée.
- [0035] On propose de plus un dispositif électrique tel que précédemment décrit, comprenant au moins une étiquette de type RFID, dans laquelle est intégrée l'antenne primaire, les deuxièmes données comprenant au moins un identifiant du dispositif électrique et/ou un identifiant d'un équipement auquel est associé le dispositif électrique.
- [0036] On propose de plus un dispositif électrique tel que précédemment décrit, le dispositif électrique étant agencé pour être intégré dans un équipement électrique comprenant un capteur ou étant connecté à un capteur, les deuxièmes données comprenant des mesures produites par ledit capteur.
- [0037] On propose de plus un dispositif électrique tel que précédemment décrit, dans lequel la fréquence primaire et la fréquence secondaire appartiennent à la bande de fréquences 860 MHz - 960 MHz.
- [0038] On propose de plus un dispositif électrique tel que précédemment décrit, comportant en outre au moins une carte électrique sur laquelle sont montés :
- [0039] - un redresseur primaire connecté à l'antenne primaire ;
- [0040] - pour chaque antenne secondaire, un redresseur secondaire connecté à ladite antenne secondaire ;
- [0041] - un régulateur de tension connecté au redresseur primaire et à chaque redresseur se-

- conculaire, et agencé pour produire une tension d'alimentation de la carte électrique ;
- [0042] - un démodulateur connecté à l'antenne primaire et agencé pour produire un signal numérique entrant contenant les premières données émises par le dispositif interrogateur ;
- [0043] - un composant de traitement connecté au démodulateur et agencé pour acquérir le signal numérique entrant et pour produire, à destination du dispositif interrogateur et en réponse aux premières données, un signal numérique sortant comprenant les deuxièmes données ;
- [0044] - un rétro-modulateur connecté à une charge reliée à l'antenne primaire et agencé pour acquérir le signal numérique sortant et pour moduler la charge de manière à rétro-moduler les ondes électromagnétiques principales et transmettre ainsi le signal numérique sortant au dispositif interrogateur.
- [0045] On propose de plus un système comprenant un dispositif interrogateur et un dispositif électrique tel que précédemment décrit.
- [0046] On propose de plus un aéronef comprenant un système tel que précédemment décrit, et comprenant en outre une nacelle de réacteur et un mât-réacteur, le dispositif interrogateur étant positionné sur le mât-réacteur et le dispositif électrique sur la nacelle.
- [0047] On propose de plus un aéronef tel que précédemment décrit, le dispositif électrique étant positionné sur un inverseur de poussée de la nacelle.
- [0048] On propose de plus un procédé d'alimentation, mis en œuvre dans un dispositif électrique tel que précédemment décrit, comprenant les étapes de :
- [0049] - capter via l'antenne primaire les ondes électromagnétiques principales émises par le dispositif interrogateur, et alimenter le dispositif électrique en utilisant l'énergie principale issue desdites ondes électromagnétiques principales ;
- [0050] - capter via l'antenne secondaire les ondes électromagnétiques additionnelles, et alimenter aussi le dispositif électrique en utilisant l'énergie additionnelle issue des ondes électromagnétiques additionnelles ;
- [0051] les ondes électromagnétiques additionnelles n'étant pas destinées au dispositif électrique.
- [0052] On propose de plus un procédé d'alimentation, mis en œuvre dans un dispositif électrique tel que précédemment décrit, comprenant les étapes de :
- [0053] - capter via l'antenne primaire les ondes électromagnétiques principales émises par le dispositif interrogateur, et alimenter le dispositif électrique en utilisant l'énergie principale issue desdites ondes électromagnétiques principales ;
- [0054] - capter via l'antenne secondaire les ondes électromagnétiques additionnelles, et alimenter aussi le dispositif électrique en utilisant l'énergie additionnelle issue des ondes électromagnétiques additionnelles ;
- [0055] les ondes électromagnétiques additionnelles étant émises par le dispositif inter-

rogateur ou par un autre équipement, à destination du dispositif électrique.

[0056] L'invention sera mieux comprise à la lumière de la description qui suit d'un mode de mise en œuvre particulier non limitatif de l'invention.

Brève description des dessins

[0057] Il sera fait référence aux dessins annexés parmi lesquels :

[0058] [Fig.1] la [Fig.1] est une vue de côté schématique représentant une aile d'avion (en coupe), un mât-réacteur, une nacelle, un dispositif interrogateur et un dispositif électrique ;

[0059] [Fig.2] la [Fig.2] représente le dispositif interrogateur et le dispositif électrique ;

[0060] [Fig.3] la [Fig.3] représente le dispositif électrique et, en particulier, l'antenne primaire et les deux antennes secondaires ;

[0061] [Fig.4] la [Fig.4] représente la carte électrique au sein du dispositif électrique et illustre une première phase d'un cycle d'interrogation ;

[0062] [Fig.5] la [Fig.5] est une figure similaire à la [Fig.4], et illustre une deuxième phase du cycle d'interrogation ;

[0063] [Fig.6] la [Fig.6] est une figure similaire à la [Fig.4], et illustre une troisième phase du cycle d'interrogation ;

[0064] [Fig.7] la [Fig.7] est une figure similaire à la [Fig.4], et illustre une quatrième phase du cycle d'interrogation ;

[0065] [Fig.8] la [Fig.8] est une figure similaire à la [Fig.4], et illustre une cinquième phase du cycle d'interrogation ;

[0066] [Fig.9] la [Fig.9] est une figure similaire à la [Fig.4], et illustre une sixième phase du cycle d'interrogation.

DESCRIPTION DETAILLEE DE L'INVENTION

[0067] En référence à la [Fig.1], un avion intègre un dispositif interrogateur 1 et un dispositif électrique 2. Le dispositif électrique 2 comprend ici au moins une étiquette d'identification (ici une seule), telle qu'une étiquette de type RFID (pour « *Radio Frequency Identification* »). L'étiquette RFID est de préférence une étiquette de type passif, alimentée en énergie électrique par le dispositif interrogateur 1 pour son activation.

[0068] Le dispositif interrogateur 1 est ici positionné sur le mât-réacteur 3 (aussi appelé « pylône ») qui relie l'aile 4 à un réacteur. Le dispositif électrique 2 est quant à lui positionné sur la nacelle 5 du réacteur, et plus précisément de préférence sur un volet 13 d'un inverseur de poussée de la nacelle 5.

[0069] En référence aux figures 2 et 3, le dispositif interrogateur 1 comporte une unité de traitement 6, un module de communication 7 et une antenne 8.

[0070] Le module de communication 7 comporte un bloc d'émission 9 comprenant un mo-

dulateur 10, et un bloc de réception 11 comprenant un démodulateur 12.

- [0071] L'antenne 8 du dispositif interrogateur 1 a de préférence une fréquence de résonance qui est comprise dans la bande de fréquences 860 MHz - 960 MHz, et qui appartient ici plus préférentiellement à la bande de fréquences 865 MHz - 868 MHz. La fréquence de résonance de l'antenne 8 est en l'occurrence ici égale à 866,5 MHz. La bande passante à -3 dB de l'antenne 8 est ici comprise entre 851,5 MHz et 881,5 MHz.
- [0072] Le dispositif électrique 2, quant à lui, comprend une antenne primaire 15 ayant pour fréquence de résonance une fréquence primaire, et au moins une antenne secondaire 16 ayant pour fréquence de résonance une fréquence secondaire différente de la fréquence primaire.
- [0073] L'antenne primaire 15 est intégrée dans l'étiquette RFID 14 du dispositif électrique 2.
- [0074] Le dispositif électrique 2 comprend en l'occurrence une première antenne secondaire 16a et une deuxième antenne secondaire 16b.
- [0075] L'antenne primaire 15 a pour fréquence de résonance une fréquence primaire qui est ici de préférence comprise dans la bande de fréquences 860 MHz - 960 MHz, et qui appartient ici plus préférentiellement à la bande de fréquences 865 MHz - 868 MHz. La fréquence primaire est en l'occurrence ici égale à 866,5 MHz. La bande passante à -3 dB de l'antenne primaire est ici comprise entre 851,5 MHz et 881,5 MHz.
- [0076] La première antenne secondaire 16a a pour fréquence de résonance une première fréquence secondaire qui est de préférence supérieure à la fréquence primaire. La première fréquence secondaire est ici comprise dans la bande de fréquences 860 MHz - 960 MHz. La première fréquence secondaire est en l'occurrence ici égale à 896,5 MHz. La bande passante à -3 dB de la première antenne secondaire 16a est ici comprise entre 881,5 MHz et 911,5 MHz.
- [0077] La deuxième antenne secondaire 16b a pour fréquence de résonance une deuxième fréquence secondaire qui est de préférence supérieure à la fréquence primaire et à la première fréquence secondaire. La deuxième fréquence secondaire est ici comprise dans la bande de fréquences 860 MHz - 960 MHz. La deuxième fréquence secondaire est en l'occurrence ici égale à 926,5 MHz. La bande passante à -3 dB de la deuxième antenne secondaire 16b est ici comprise entre 911,5 MHz et 941,5 MHz.
- [0078] Le dispositif électrique 2 comprend aussi une carte électrique 17 sur laquelle est superposée l'antenne primaire 15. La carte électrique 17 est elle aussi intégrée dans l'étiquette RFID 14.
- [0079] Des composants électriques sont montés sur la carte électrique 17.
- [0080] En référence aux figures 4 à 9, ces composants électriques comprennent ici un redresseur primaire 19 et, pour chaque antenne secondaire 16a, 16b, un redresseur secondaire 20 : on a donc ici un premier redresseur secondaire 20a et un deuxième re-

dresseur secondaire 20b.

- [0081] Les composants électriques comprennent de plus un régulateur de tension 22, un démodulateur 23, un modulateur 24, un générateur d'horloge 25, un composant de traitement 26 et un composant de mémoire 27. Le régulateur de tension 22 intègre par exemple une fonction de réinitialisation du composant de traitement 16 (ce type de composant est appelé *Regulator/POR* (pour *Power ON Reset*)).
- [0082] Le modulateur 24 est ici un rétro-modulateur. Le composant de traitement 26 est ici un processeur de bande de base (*baseband processor* en anglais). Le composant de mémoire 27 est ici une banque de mémoire (*memory bank* en anglais).
- [0083] Le redresseur primaire 19 est connecté à l'antenne primaire 15 et à l'entrée du régulateur de tension 22. Le premier redresseur secondaire 20a est connecté à la première antenne secondaire 16a et à l'entrée du régulateur de tension 22. Le deuxième redresseur secondaire 20b est connecté à la deuxième antenne secondaire 16b et à l'entrée du régulateur de tension 22. La sortie du régulateur de tension 22 est connectée au générateur d'horloge 25 et au processeur 26. L'entrée du démodulateur 23 est connectée à l'antenne primaire 15. La sortie du démodulateur 23 est connectée au processeur 26. Le processeur 26 est connecté au démodulateur 23, au rétro-modulateur 24, à la banque de mémoire 27, au générateur d'horloge 25 et au régulateur de tension 22. Le rétro-modulateur 24 est connecté à une charge (non représentée) qui est elle-même reliée à l'antenne primaire 15.
- [0084] On décrit plus précisément les interactions entre le dispositif interrogateur 1 et le dispositif électrique 2 au cours d'un cycle d'interrogation.
- [0085] Sur les figures 4 à 9, les flèches pleines représentent la circulation de l'énergie, les flèches en traits continus représentent la circulation des données, et les flèches en traits pointillés représentent la circulation des signaux d'horloge.
- [0086] Le dispositif interrogateur 1 produit une requête d'interrogation à destination du dispositif électrique 2. Cette requête d'interrogation est incluse dans un signal numérique d'interrogation S_{ni} (visible sur la [Fig.2]).
- [0087] Le bloc d'émission 9 acquiert le signal numérique d'interrogation S_{ni} , et génère et amplifie un signal électrique d'excitation S_e (analogique). Le modulateur 10 module le signal d'excitation S_e avec le signal numérique d'interrogation S_{ni} . Le signal d'excitation S_e contient ainsi des premières données comprenant la requête émise par le dispositif interrogateur 1. Le signal électrique d'excitation S_e est appliqué en entrée de l'antenne 8. Le dispositif interrogateur 1 émet ainsi, sur une bande de fréquences primaire comprenant la fréquence primaire, des ondes électromagnétiques principales transportant une énergie électromagnétique principale et les premières données.
- [0088] Le dispositif électrique 2 capte via son antenne primaire 15 les ondes électromagnétiques principales.

- [0089] Le dispositif électrique 2 capte de plus, grâce à ses antennes secondaires 16, des ondes électromagnétiques additionnelles qui sont présentes dans son environnement et qui ne lui sont pas destinées. Ces ondes électromagnétiques sont par exemple produites par divers équipements électriques (mais pas par le dispositif interrogateur 1). Les antennes secondaires 16 permettent donc par exemple au dispositif électrique 2 de récupérer une énergie électrique additionnelle qui serait inutilisée par le dispositif électrique 2 sans la présence desdites antennes secondaires 16.
- [0090] Le dispositif électrique 2 capte donc via la première antenne secondaire 16a des ondes électromagnétiques additionnelles sur la première bande de fréquences secondaire comprenant la première fréquence secondaire. Le dispositif électrique 2 capte via la deuxième antenne secondaire 16b des ondes électromagnétiques additionnelles sur la deuxième bande de fréquences secondaire comprenant la deuxième fréquence secondaire.
- [0091] En référence à la [Fig.4], l'antenne primaire 15 produit donc une tension primaire V_p , et un courant primaire I_p sous la tension primaire V_p . La tension primaire V_p est appliquée en entrée du redresseur primaire 19 et du démodulateur 23.
- [0092] La première antenne secondaire 16a produit une première tension secondaire V_{s1} , et un premier courant secondaire I_{s1} sous la première tension secondaire V_{s1} . La première tension secondaire V_{s1} est appliquée en entrée du premier redresseur secondaire 20a.
- [0093] La deuxième antenne secondaire 16b produit une deuxième tension secondaire V_{s2} , et un deuxième courant secondaire I_{s2} sous la deuxième tension secondaire V_{s2} . La deuxième tension secondaire V_{s2} est appliquée en entrée du deuxième redresseur secondaire 20b.
- [0094] Le démodulateur 23 démodule la tension primaire V_p et génère ainsi un signal numérique entrant S_{ne} . Le démodulateur 23 transmet le signal numérique entrant S_{ne} au processeur 26.
- [0095] Le redresseur primaire 19, le premier redresseur secondaire 20a et le deuxième redresseur secondaire 20b produisent une tension redressée V_r , et un courant redressé I_r sous la tension redressée V_r . La tension redressée V_r alimente le régulateur de tension 22.
- [0096] En référence à la [Fig.5], le régulateur de tension 22 génère une tension d'alimentation V_a de la carte électrique 17, continue elle aussi, et des courants d'alimentation I_a sous la tension V_a .
- [0097] La tension d'alimentation V_a alimente le générateur d'horloge 25 et le processeur 26.
- [0098] En référence à la [Fig.6], le générateur d'horloge 25 transmet un signal d'horloge CLK au processeur 26.
- [0099] Le processeur 26 acquiert le signal numérique entrant S_{ne} , le décode, et obtient les

premières données émises par le dispositif interrogateur 1. Le processeur 26 traite la requête d'interrogation contenue dans les premières données.

- [0100] En référence à la [Fig.7], le processeur 27 interroge la banque mémoire 27, et acquiert des deuxièmes données qui correspondent à la requête du dispositif interrogateur 1. Les deuxièmes données comprennent ici au moins un identifiant de l'équipement sur lequel est positionné le dispositif électrique 2. Le ou les identifiants comprennent ainsi par exemple un P/N (*Part Number*) ou un S/N (*Serial Number*) de l'inverseur de poussée comprenant le volet 13.
- [0101] En référence à la [Fig.8], le processeur 26 reste alors en attente jusqu'à la fin de l'interrogation et produit, à destination du dispositif interrogateur 1 et en réponse aux premières données, un signal numérique sortant Sns comprenant les deuxièmes données. Le processeur 26 transmet le signal numérique sortant Sns au rétro-modulateur 24.
- [0102] En référence à la [Fig.9], le rétro-modulateur 24 acquiert le signal numérique sortant Sns et le transforme en un signal modulé Sm qui est appliqué aux bornes de la charge reliée à l'antenne primaire 15. Le rétro-modulateur 24 module ainsi ladite charge de manière à rétro-moduler les ondes électromagnétiques principales et à transmettre ainsi le signal numérique sortant Sns au dispositif interrogateur 1.
- [0103] La rétro-modulation des ondes électromagnétiques principales, et donc les variations d'impédance de l'antenne primaire 15, résultant du signal modulé, sont captées par le bloc de réception 11 du dispositif interrogateur 1 via son antenne 8. L'antenne 8 produit un signal de réponse Sr (analogique). Le démodulateur 12 du bloc de réception 11 réalise à son tour une démodulation du signal de réponse Sr et transmet un signal numérique de réponse Snr à l'unité de traitement 6 du dispositif interrogateur 1. L'unité de traitement 6 acquiert ainsi les deuxièmes données correspondant à la requête d'interrogation.
- [0104] Les antennes secondaires 16 du dispositif électrique 2 permettent donc la captation d'ondes électromagnétiques issues de bandes de fréquences secondaires, qui sont différentes de la bande de fréquences primaire utilisée pour l'interrogation et la réponse du dispositif électrique 2.
- [0105] Le dispositif électrique 2 capte des ondes électromagnétiques qui ne lui sont pas directement destinées, et récupère donc de l'énergie perdue.
- [0106] Les ondes ainsi captées sont converties en énergie électrique par les redresseurs secondaires 20.
- [0107] Cette énergie électrique complémentaire alimente le circuit du dispositif électrique 2, et réduit donc la quantité d'énergie nécessitant d'être amenée via la bande de fréquences primaire.
- [0108] L'énergie additionnelle, produite par les antennes secondaires 16, permet donc

d'augmenter la portée d'interrogation du dispositif électrique 2 sans augmenter la puissance d'émission du dispositif interrogateur 1 sur la bande de fréquences primaire. Il est ainsi possible d'augmenter la limite de fréquence de rafraîchissement de la donnée à portée égale dans les distances requérant la multi-interrogation d'équipements de conception classique.

- [0109] Les bandes de fréquences secondaires, et donc la définition des antennes secondaires, sont déterminées par une analyse des fréquences présentes dans l'environnement du dispositif électrique. Elles sont sélectionnées pour éviter toute interférence avec les autres équipements présents dans l'environnement du dispositif électrique.
- [0110] Bien entendu, l'invention n'est pas limitée au mode de réalisation décrit mais englobe toute variante entrant dans le champ de l'invention tel que défini par les revendications.
- [0111] Dans le mode de réalisation décrit, les ondes électromagnétiques additionnelles sont des ondes présentes dans l'environnement du dispositif électrique et récupérées par le dispositif électrique, qui ne sont pas émises par le dispositif interrogateur et qui ne sont pas destinées au dispositif électrique. Il s'agit donc d'une sorte d'*energy harvesting*.
- [0112] Cependant, les ondes électromagnétiques additionnelles pourraient être émises par le dispositif interrogateur et destinées au dispositif électrique. Le dispositif interrogateur comporte dans ce cas lui aussi une ou des antennes secondaires qui transmettent uniquement de l'énergie.
- [0113] Les ondes électromagnétiques additionnelles pourraient aussi être destinées au dispositif électrique mais être émises par un équipement autre que le dispositif interrogateur. On pourrait par exemple avoir sur l'aile ou sur le mât-réacteur un équipement dédié qui émet à faible puissance des ondes électromagnétiques additionnelles à destination d'une pluralité d'équipements électriques.
- [0114] On augmente donc les performances du système (portée, rafraîchissement) en émettant, en parallèle du signal d'interrogation, un ou des signaux d'alimentation complémentaires, sans excéder les limites normatives de puissance de signal.
- [0115] L'application dans laquelle est mise en œuvre l'invention pourrait être différente de celle décrite ici. Le système comprenant (au moins) un dispositif interrogateur et (au moins) un dispositif électrique peut être intégré dans une autre partie de l'aéronef. Le système pourrait aussi être intégré dans une application n'appartenant pas au domaine aéronautique.
- [0116] Le dispositif interrogateur pourrait être un équipement mobile, amené à proximité de l'aéronef par un opérateur.
- [0117] Les fréquences utilisées peuvent être différentes de celles décrites ici. Plus la fréquence est élevée et plus la quantité d'énergie radioélectrique transportée pourra être importante.

- [0118] La bande de fréquences 860 MHz – 960 MHz est ici utilisée, et contient à la fois la bande de fréquences primaire et les bandes de fréquences secondaires. Une ou plusieurs autres bandes de fréquences pourraient être utilisées.
- [0119] Par exemple, la bande de fréquences 3 GHz – 30 GHz pourrait être utilisée pour la ou les antennes secondaires (en récupération d'énergie notamment).
- [0120] Le nombre et le type d'antennes peuvent être différents de ceux décrits ici. Chaque antenne sera particulièrement adaptée à la bande de fréquences à laquelle elle est destinée. Les grandeurs définissant chaque antenne peuvent varier selon le type et la technologie d'antenne : impédance complexe, réactance, résistance, etc.
- [0121] Les composants électriques cités sont fournis à titre d'exemple, et pourraient être différents. Par exemple, le composant de traitement de la carte électrique du dispositif électrique n'est pas nécessairement un processeur de bande de base. Il pourrait s'agir d'un microcontrôleur, d'un FPGA (pour *Field Programmable Gate Array*), d'un ASIC (pour *Application Specific Integrated Circuit*), etc.
- [0122] Il est possible d'intégrer dans le circuit du dispositif électrique un ou des condensateurs pour accumuler de l'énergie et la redistribuer au reste du dispositif électrique.
- [0123] Le dispositif électrique n'intègre pas nécessairement une étiquette de type RFID.
- [0124] Le dispositif électrique peut être associé à tout type d'équipement, être intégré dans tout type d'équipement (et donc être lui-même un équipement).
- [0125] On a décrit ici que les deuxièmes données, transmises par le dispositif électrique au dispositif interrogateur, comprennent un ou des identifiants de l'équipement auquel est associé le dispositif électrique. Le ou les identifiants pourraient être un ou des identifiants du dispositif électrique lui-même.
- [0126] Le dispositif électrique pourrait être un équipement comprenant un ou des capteurs quelconques, ou étant connecté à un ou des capteurs quelconques (capteur (s) de température, de pression, de vibration, etc.). Le dispositif électrique pourrait aussi être intégré dans un tel équipement.
- [0127] Dans ce cas, les deuxièmes données peuvent comprendre des mesures réalisées par le ou les capteurs.
- [0128] Les deuxièmes données peuvent aussi comprendre des données différentes, et par exemple des données de surveillance (*monitoring*) de l'équipement, des messages quelconques (alarme par exemple), etc.

Revendications

- [Revendication 1] Dispositif électrique (2) comportant une antenne primaire (15) ayant pour fréquence de résonance une fréquence primaire, et au moins une antenne secondaire (16) ayant pour fréquence de résonance une fréquence secondaire différente de la fréquence primaire, le dispositif électrique (2) étant agencé pour être alimenté via l'antenne primaire par une énergie principale issue d'ondes électromagnétiques principales émises par un dispositif interrogateur (1) sur une bande de fréquences primaire comprenant la fréquence primaire, pour recevoir des premières données émises par le dispositif interrogateur via l'antenne primaire, et pour transmettre des deuxièmes données au dispositif interrogateur via l'antenne primaire, le dispositif électrique (2) étant aussi agencé pour capter via l'antenne secondaire des ondes électromagnétiques additionnelles qui sont présentes dans son environnement sur une bande de fréquences secondaire comprenant la fréquence secondaire, et pour être alimenté par une énergie additionnelle issue des ondes électromagnétiques additionnelles.
- [Revendication 2] Dispositif électrique selon la revendication 1, comprenant au moins une étiquette de type RFID, dans laquelle est intégrée l'antenne primaire, les deuxièmes données comprenant au moins un identifiant du dispositif électrique et/ou un identifiant d'un équipement auquel est associé le dispositif électrique.
- [Revendication 3] Dispositif électrique selon l'une des revendications 1 ou 2, le dispositif électrique étant agencé pour être intégré dans un équipement électrique comprenant un capteur ou étant connecté à un capteur, les deuxièmes données comprenant des mesures produites par ledit capteur.
- [Revendication 4] Dispositif électrique selon l'une des revendications précédentes, dans lequel la fréquence primaire et la fréquence secondaire appartiennent à la bande de fréquences 860 MHz - 960 MHz.
- [Revendication 5] Dispositif électrique selon l'une des revendications précédentes, comportant en outre au moins une carte électrique (17) sur laquelle sont montés :
- un redresseur primaire (19) connecté à l'antenne primaire (15) ;
 - pour chaque antenne secondaire (16), un redresseur secondaire (20) connecté à ladite antenne secondaire ;
 - un régulateur de tension (22) connecté au redresseur primaire (19) et à chaque redresseur secondaire (20), et agencé pour produire une tension

d'alimentation (Va) de la carte électrique ;

- un démodulateur (23) connecté à l'antenne primaire et agencé pour produire un signal numérique entrant (Sne) contenant les premières données émises par le dispositif interrogateur (1) ;

- un composant de traitement (26) connecté au démodulateur et agencé pour acquérir le signal numérique entrant et pour produire, à destination du dispositif interrogateur et en réponse aux premières données, un signal numérique sortant (Sns) comprenant les deuxièmes données ;

- un rétro-modulateur (24) connecté à une charge reliée à l'antenne primaire (15) et agencé pour acquérir le signal numérique sortant et pour moduler la charge de manière à rétro-moduler les ondes électromagnétiques principales et transmettre ainsi le signal numérique sortant au dispositif interrogateur.

[Revendication 6] Système comprenant un dispositif interrogateur (1) et un dispositif électrique (2) selon l'une des revendications précédentes.

[Revendication 7] Aéronef comprenant un système selon la revendication 6, et comprenant en outre une nacelle de réacteur (5) et un mât-réacteur (3), le dispositif interrogateur (1) étant positionné sur le mât-réacteur et le dispositif électrique (2) sur la nacelle.

[Revendication 8] Aéronef selon la revendication 7, le dispositif électrique étant positionné sur un inverseur de poussée de la nacelle.

[Revendication 9] Procédé d'alimentation, mis en œuvre dans un dispositif électrique selon l'une des revendications 1 à 5, comprenant les étapes de :

- capter via l'antenne primaire les ondes électromagnétiques principales émises par le dispositif interrogateur, et alimenter le dispositif électrique en utilisant l'énergie principale issue desdites ondes électromagnétiques principales ;

- capter via l'antenne secondaire les ondes électromagnétiques additionnelles, et alimenter aussi le dispositif électrique en utilisant l'énergie additionnelle issue des ondes électromagnétiques additionnelles ;

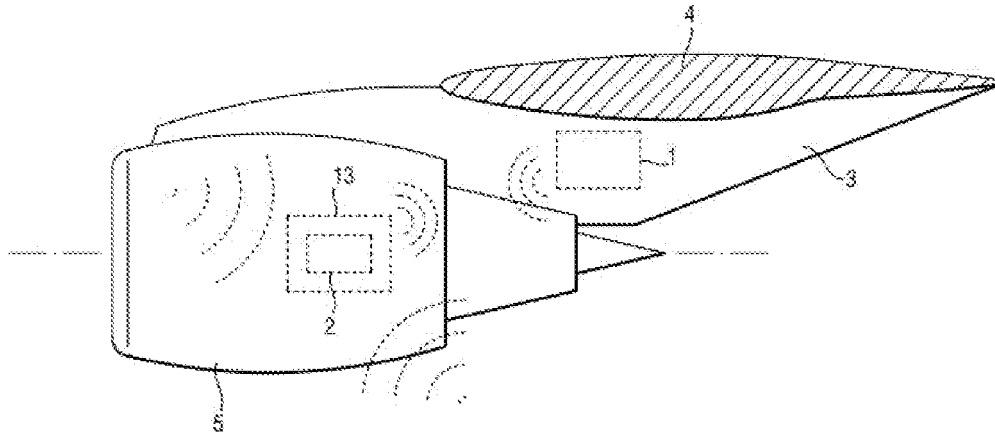
les ondes électromagnétiques additionnelles n'étant pas destinées au dispositif électrique (2).

[Revendication 10] Procédé d'alimentation, mis en œuvre dans un dispositif électrique selon l'une des revendications 1 à 5, comprenant les étapes de :

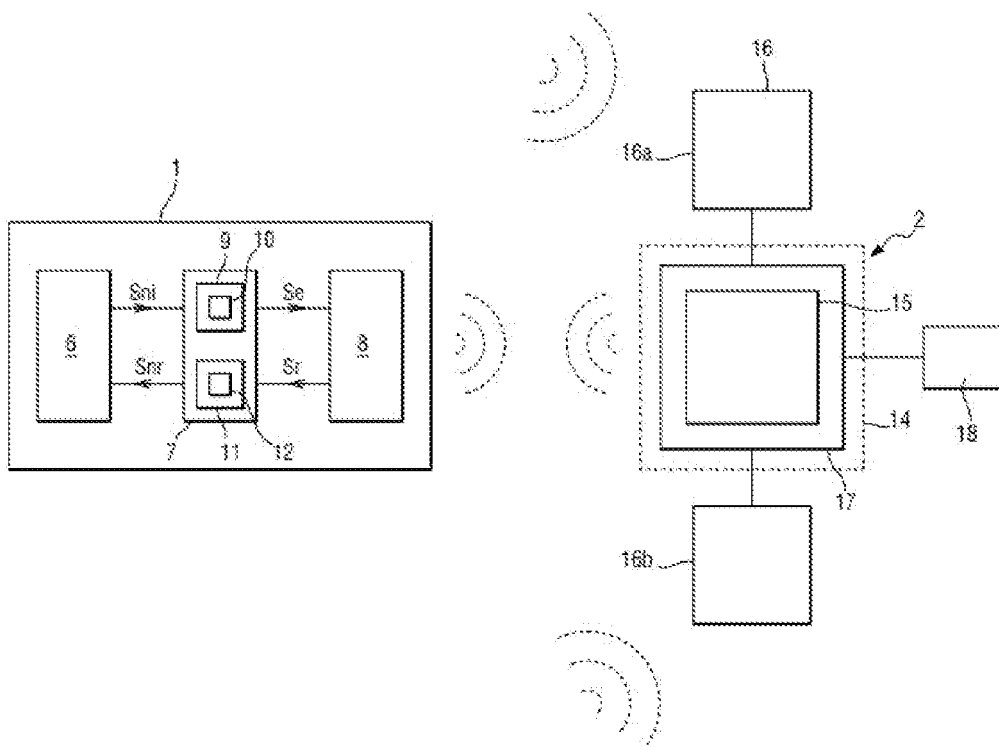
- capter via l'antenne primaire les ondes électromagnétiques principales émises par le dispositif interrogateur, et alimenter le dispositif électrique en utilisant l'énergie principale issue desdites ondes électromagnétiques principales ;

- capter via l'antenne secondaire les ondes électromagnétiques additionnelles, et alimenter aussi le dispositif électrique en utilisant l'énergie additionnelle issue des ondes électromagnétiques additionnelles ; les ondes électromagnétiques additionnelles étant émises par le dispositif interrogateur (1) ou par un autre équipement, à destination du dispositif électrique (2).

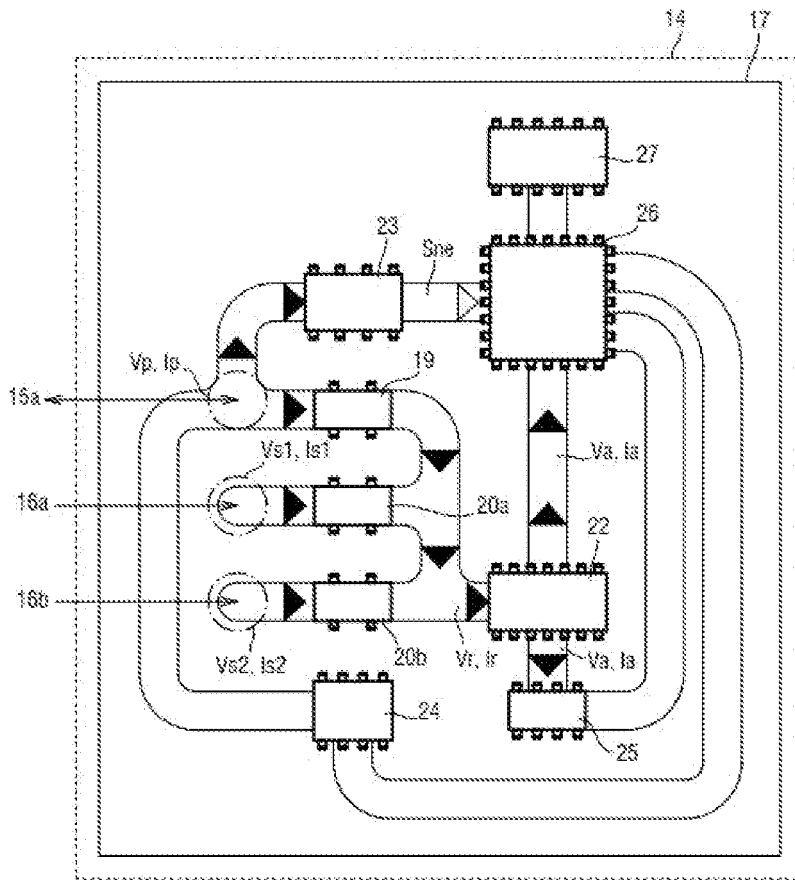
[Fig. 1]



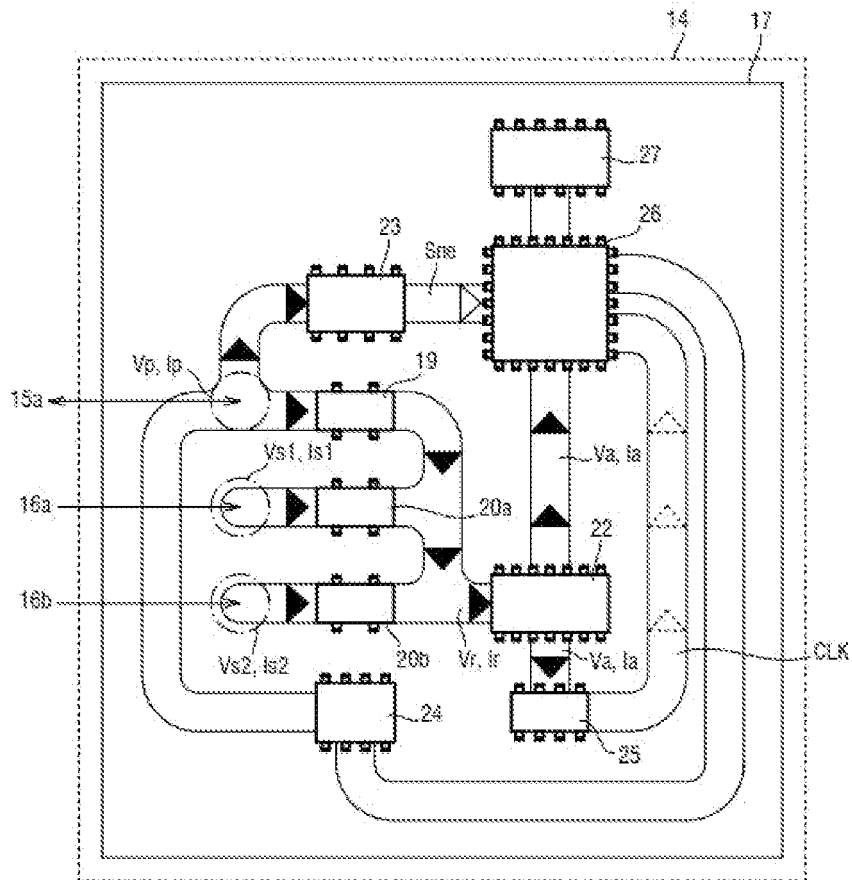
[Fig. 2]



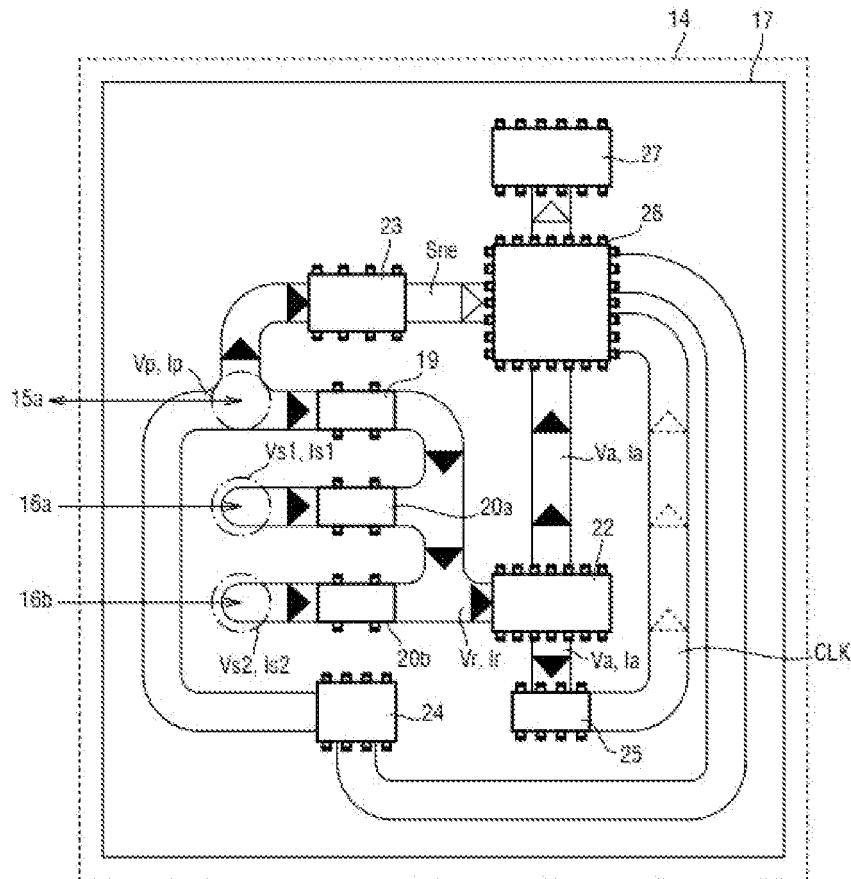
[Fig. 5]



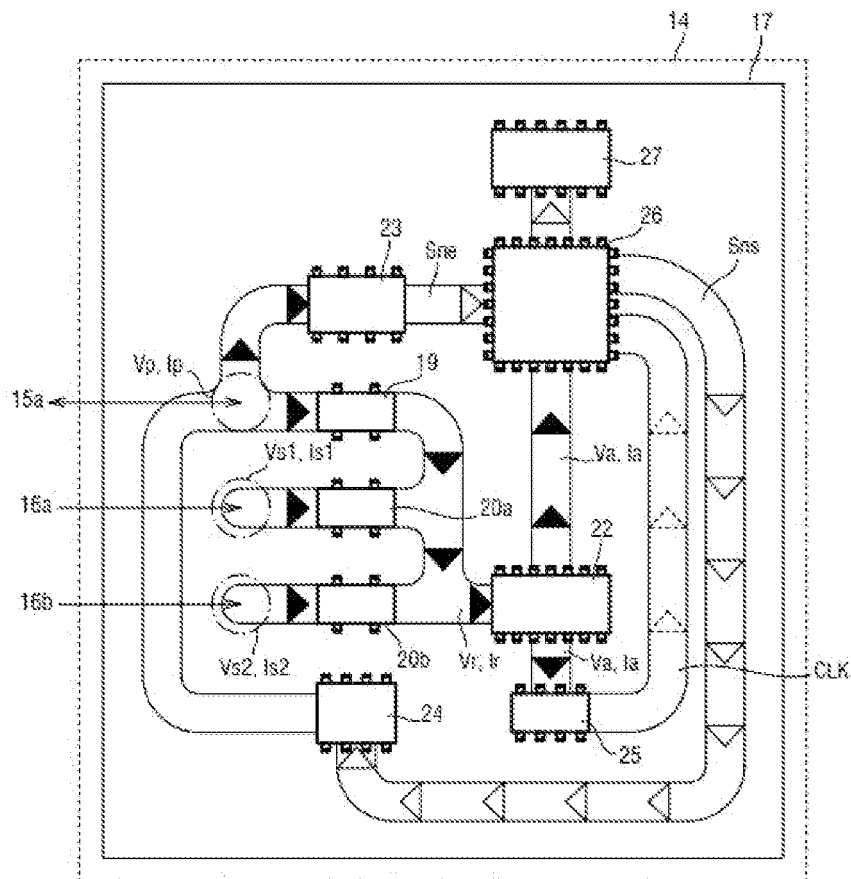
[Fig. 6]



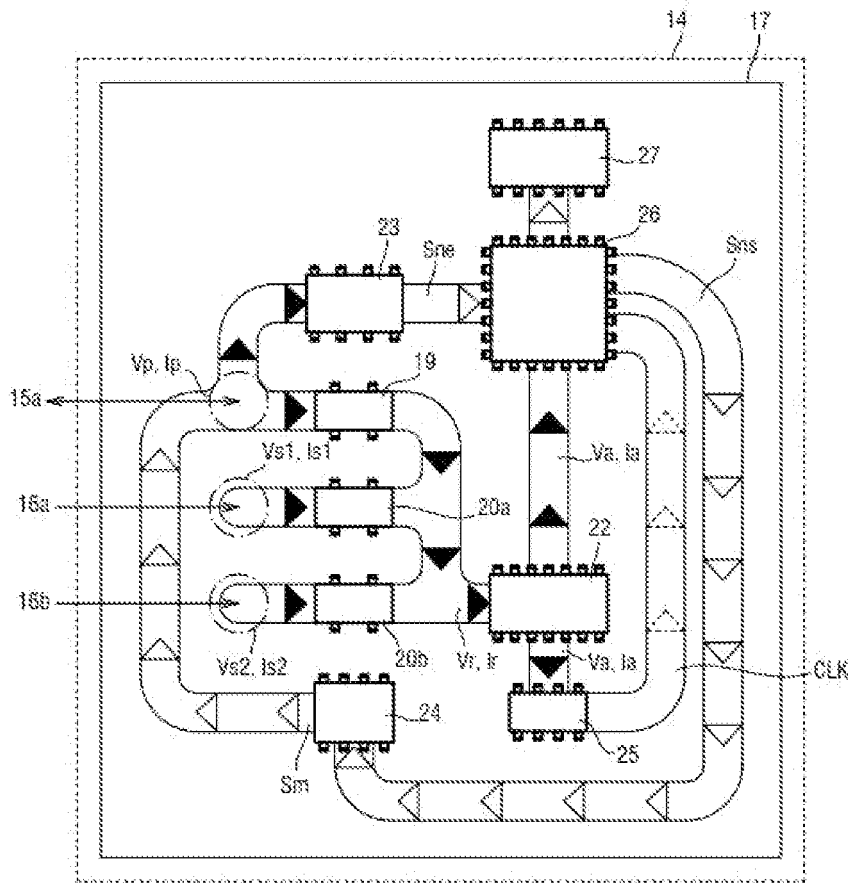
[Fig. 7]



[Fig. 8]



[Fig. 9]



**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement
national

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

FA 919299
FR 2305942

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	EP 3 996 289 A1 (NEXITE LTD [IL]) 11 mai 2022 (2022-05-11) * abrégé * * alinéas [0040] - [0060], [0188] - [0244], [0298] - [0301] * * alinéas [0553] - [0557], [0679] - [0709] * * figures 1,2,9,10,19,27 * -----	1-10	H02J 50/20 H02J 50/80 H04B 5/00
X	US 2020/004995 A1 (KAWAGUCHI DEAN MAMORU [US] ET AL) 2 janvier 2020 (2020-01-02) * abrégé * * alinéas [0145] - [0192] * * figures 3-4 * -----	1-10	
A	WO 2015/103956 A1 (EXCELIO TECHNOLOGY SHENZHEN CO LTD [CN] ET AL.) 16 juillet 2015 (2015-07-16) * le document en entier * -----	1-10	
A	FR 3 084 762 A1 (SAFRAN AIRCRAFT ENGINES [FR]) 7 février 2020 (2020-02-07) * le document en entier * -----	1-10	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) G06K H04B H02J
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
15 décembre 2023		Castagnola, Bruno	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention	
X : particulièrement pertinent à lui seul		E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure	
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un		à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date	
autre document de la même catégorie		de dépôt ou qu'à une date postérieure.	
A : arrière-plan technologique		D : cité dans la demande	
O : divulgation non-écrite		L : cité pour d'autres raisons	
P : document intercalaire		
		& : membre de la même famille, document correspondant	

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2305942 FA 919299**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.
Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **15-12-2023**
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)		Date de publication			
EP 3996289	A1	11-05-2022	CN	114600379 A	07-06-2022			
			CN	114742080 A	12-07-2022			
			CN	114844531 A	02-08-2022			
			CN	114844532 A	02-08-2022			
			CN	115001539 A	02-09-2022			
			EP	3954053 A1	16-02-2022			
			EP	3996288 A1	11-05-2022			
			EP	3996289 A1	11-05-2022			
			JP	7289565 B2	12-06-2023			
			JP	2022095603 A	28-06-2022			
			JP	2022529144 A	17-06-2022			
			US	2021019482 A1	21-01-2021			
			US	2021019483 A1	21-01-2021			
			US	2021019585 A1	21-01-2021			
			US	2021019589 A1	21-01-2021			
			US	2021019766 A1	21-01-2021			
			US	2021020011 A1	21-01-2021			
			US	2021020012 A1	21-01-2021			
			US	2021027593 A1	28-01-2021			
			US	2021027594 A1	28-01-2021			
			US	2021027595 A1	28-01-2021			
			US	2021027596 A1	28-01-2021			
			US	2021027616 A1	28-01-2021			
			US	2021034937 A1	04-02-2021			
			US	2021036732 A1	04-02-2021			
			US	2021192910 A1	24-06-2021			
			WO	2020208412 A1	15-10-2020			

US 2020004995	A1	02-01-2020	CN	112567637 A	26-03-2021			
			CN	117082455 A	17-11-2023			
			EP	3804148 A2	14-04-2021			
			US	2020004995 A1	02-01-2020			
			US	2020004996 A1	02-01-2020			
			US	2020004997 A1	02-01-2020			
			US	2020004998 A1	02-01-2020			
			US	2020004999 A1	02-01-2020			
			US	2020005107 A1	02-01-2020			
			US	2020007540 A1	02-01-2020			
			US	2020045035 A1	06-02-2020			
			US	2021067911 A1	04-03-2021			
			US	2021073486 A1	11-03-2021			
			US	2021133400 A1	06-05-2021			
			US	2021248330 A1	12-08-2021			
			US	2023370812 A1	16-11-2023			
			WO	2019232420 A2	05-12-2019			

EPO FORM P0465

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2305942 FA 919299**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.
Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **15-12-2023**
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 2015103956 A1	16-07-2015	CN 103731046 A	16-04-2014
		WO 2015103956 A1	16-07-2015

FR 3084762 A1	07-02-2020	CN 112470162 A	09-03-2021
		EP 3811278 A1	28-04-2021
		FR 3084762 A1	07-02-2020
		US 2021375071 A1	02-12-2021
		WO 2020025881 A1	06-02-2020
