

①⑨ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
—
**INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE**
—
COURBEVOIE
—

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

3 046 246

②① N° d'enregistrement national :

15 63295

⑤① Int Cl⁸ : **G 01 R 31/28** (2016.01)

⑫

BREVET D'INVENTION

B1

⑤④ DISPOSITIF ET PROCEDE DE TEST D'UN SYSTEME ELECTRONIQUE.

②② Date de dépôt : 24.12.15.

③③ Priorité :

④③ Date de mise à la disposition du public
de la demande : 30.06.17 Bulletin 17/26.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention : 29.03.19 Bulletin 19/13.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑥⑥ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : AIRBUS GROUP SAS Société par
actions simplifiée — FR.

⑦② Inventeur(s) : MILLER FLORENT et MORAND
SEBASTIEN.

⑦③ Titulaire(s) : AIRBUS GROUP SAS Société par
actions simplifiée.

⑦④ Mandataire(s) : IPSIDE.

FR 3 046 246 - B1



DOMAINE TECHNIQUE DE L'INVENTION

La présente invention vise un procédé et un dispositif de caractérisation de la sensibilité des équipements électroniques aux effets des radiations.

5 La présente invention trouve une application particulièrement avantageuse dans les tests haute fréquence par laser de la sensibilité des composants électroniques embarqués dans les équipements du domaine aérospatial vis-à-vis des radiations.

10 ETAT DE LA TECHNIQUE

Les tests de caractérisation des équipements électroniques à la sensibilité aux effets des radiations consistent généralement à soumettre un équipement électronique à une irradiation contrôlée afin de déterminer les conséquences des radiations sur le fonctionnement de l'équipement et éventuellement de déterminer les zones plus particulièrement sensibles du système.

15 Ces tests de caractérisations trouvent une application pertinente pour les systèmes électroniques susceptibles d'être soumis à des radiations importantes tels que les calculateurs embarqués dans les applications aérospatiales et se trouvant exposés au rayonnement cosmique plus intense en altitude qu'au niveau du sol, ou encore dans environnement générateur de rayonnements pouvant endommager des composants électroniques comme ceux appelés à fonctionner de certaines zones de réacteurs nucléaires ou de chambre expérimentales de cyclotrons ou autres accélérateurs de particules.

25 De manière connue, la caractérisation de la sensibilité des équipements électroniques aux effets radiatifs est effectuée en exposant des équipements à tester aux rayonnements réels pouvant être créés par différents moyens.

Ainsi, il est pratiqué des tests en accélérateur de particules, des tests en environnement radiatif naturel, des tests sous microfaisceaux d'ions, des tests par source radioactive ou encore des tests par faisceaux pulsés de rayonnements X ou Gamma.

30 La réalisation de ce type de tests s'avère particulièrement lourde et coûteuse, en partie par la complexité technique intrinsèquement imposée par les essais et en

partie par les mesures de sécurités qui s'imposent lors de la réalisation de tels essais.

Il est également connu l'utilisation de laser comme source reproduisant l'effet de l'environnement radiatif.

5 La mise en œuvre de tests sous reproduisant l'effet de l'environnement radiatif présente entre autre la capacité d'exciter un élément physique sur une zone connue. Cette zone d'excitation est fonction de la nature de l'irradiation. Dans le cas d'une excitation par laser elle dépend des paramètres d'incidence du laser par rapport à l'élément physique testé.

10 Afin d'obtenir une mesure globale de la sensibilité du dispositif physique, l'ensemble des éléments constituant le dispositif doit être étudié.

Dans les méthodes connues de l'art antérieur cette approche est effectuée de manière dite pas à pas en effectuant l'émission d'une à plusieurs impulsions pour chaque zone du dispositif. Le passage à une nouvelle zone du dispositif est effectué
15 de manière manuelle ou par des éléments automatisés comme des platines de déplacement permettant soit le déplacement de la source, soit du composant.

Suite à chaque irradiation une mesure de l'équipement électronique testé est réalisée. Cette mesure peut comporter une mesure physique directe comme par exemple la capture d'un spectre infrarouge. Cette mesure peut comporter un test de
20 fonctionnement en mesurant les altérations des données sur des sorties d'une carte électronique tel que présenté dans le document de l'art antérieur FR 2919402.

Il est également connu, en particulier du document FR 2939964 qui décrit le test en fonctionnement d'un équipement électronique porté par une platine, de soumettre l'équipement électronique à un bombardement de protons.

25 Les documents FR 2900242 et FR 2979708 détaillent des procédés de caractérisation de la sensibilité d'un composant électronique respectivement à un rayonnement laser focalisé et à une irradiation par une source de rayonnement ionisant.

Dans les solutions connues de l'art antérieur mettant en œuvre un laser, les
30 ordres de tir laser sont donnés par un système de contrôle auquel le contrôleur laser est relié, usuellement un ordinateur. Ce même système de contrôle pilote également le déplacement des platines permettant de choisir la position à laquelle s'effectuera le tir laser.

Ainsi, séquentiellement : le système de contrôle active les platines de déplacement, vérifie que la position atteinte est bien celle souhaitée, effectue le tir laser, effectue les mesures adéquates puis reproduit cette séquence pour effectuer le test sur une position suivante définie dans la procédure de test.

5 Le temps de réalisation de ces étapes est particulièrement significatif lorsque la méthode est mise en œuvre pour des tests de plusieurs centaines de milliers voir millions de tirs.

10 Dans le cas d'une excitation au laser, l'ordre de grandeur de la fréquence des tirs atteinte par ce type d'approche est de quelques tirs par seconde. Etant donné que les surfaces devant être soumises à l'exposition aux radiations sont généralement comprises entre 0,1 et 10 centimètre carrés, la nécessité d'obtenir un taux de couverture total du dispositif et la taille du faisceau laser focalisé de l'ordre de deux micromètres ne permettent pas de couvrir l'ensemble des cas de tests en un temps industriellement efficace.

15 Ces tests peuvent ainsi durer plusieurs dizaines voire centaines d'heures. La durée de ces tests favorise par ailleurs les aléas expérimentaux, comme par exemple la perte d'alignement optique ou des fluctuations thermiques localisées, pouvant diminuer la qualité des résultats.

20 Le test élémentaire étant lui-même long, la réalisation de séries de test complètes est rarement pratiquée au vu du temps d'essai disponible. En outre, les systèmes électroniques présentent de multiples configurations envisageables comme par exemple des paramètres d'alimentation, des configurations des éléments de contrôle, des paramètres fonctionnels, des températures de fonctionnement. Dès lors, l'exhaustivité demandée par ce type de test ne peut être obtenue par les
25 méthodes connues de l'art antérieur.

Aucunes des solutions actuelles ne permettent de répondre simultanément à tous les besoins requis, à savoir de s'affranchir efficacement des difficultés liées au temps d'exécution de tests d'irradiation réalisés en de multiples endroits d'un équipement électronique.

30

OBJET DE L'INVENTION

La présente invention vise à remédier à tout ou partie de ces inconvénients.

A cet effet, selon un premier aspect, la présente invention vise un dispositif de test d'un équipement électronique qui comporte :

- une platine comportant une alimentation et un moyen apte à réaliser une mesure de fonctionnement pendant le test, la platine comportant également au moins un encodeur délivrant un signal, représentatif d'une distance parcourue par la platine,
- 5 - un moyen d'irradiation en regard de l'équipement électronique et configuré pour le soumettre à des radiations,

dans lequel le signal est transmis au moyen d'irradiation et en ce que l'émission d'une radiation est déclenchée par la réception d'un signal prédéterminé.

10 Grâce à ces dispositions, la solution proposée permet d'optimiser la durée des tests laser et de passer outre le système de contrôle synchronisant l'ensemble des éléments d'un banc laser. L'invention permet en particulier de faire générer les ordres d'irradiation, par exemple des tirs lasers, par la platine de déplacement.

15 L'invention consiste à mettre en place une commande du moyen d'irradiation pilotée directement par le déplacement des platines motorisées et non plus pilotée par le système de contrôle. En effet, certaines platines de déplacements sur lesquelles repose l'équipement électronique sont munies d'encodeurs, ou tout autres systèmes permettant aux platines d'envoyer un signal logique ou analogique à
20 chaque fois que des positions ou des distances spécifiées à l'avance sont atteintes. Ceux-ci délivrent un signal prédéterminé, caractérisé par sa forme et sa durée, pour une distance parcourue par la platine et donc par l'équipement électronique testé qui lui est solidaire.

25 L'invention utilise cette information de parcours afin de synchroniser l'instant de tir avec le déplacement de la platine motorisée. Dans le cas d'une irradiation au laser, la durée d'impulsion laser est de l'ordre de moins d'une nanoseconde et les délais de mise en fonctionnement de la source laser de l'ordre de cent nanosecondes sont suffisamment courts pour que l'impulsion laser soit localisée dans la zone d'intérêt.

30 On pourrait envisager d'avoir des délais de mise en fonctionnement plus long en fonction des besoins de précisions (distance entre 2 tirs laser) et la vitesse des moteurs.

Cette approche permet d'augmenter significativement la vitesse de parcours du faisceau de radiation sur l'ensemble de l'équipement électronique testé tout en garantissant la localisation précise de chacun des tirs.

Dans les procédés de l'art antérieur, une cartographie de sensibilité est obtenue avec une chaîne générant les tirs laser de manière classique, en passant par des cartes d'entrées sorties connectées à un ordinateur opérant un système d'exploitation dans lequel est exécuté un programme de pilotage des platine, à une
5 fréquence de l'ordre de quelques Hertz.

Le mode de contrôle du laser piloté par un signal généré lors du déplacement des platine permet d'atteindre des fréquences de l'ordre de deux-cents à deux milles Hertz ou plus suivant les caractéristiques techniques des platines et du laser.

En d'autres termes, l'invention permet un déplacement en continu avec
10 émission régulière d'irradiation sur l'équipement électronique testé, l'invention permet de s'affranchir des phases d'accélération/décélération de la platine en travaillant sur des signaux logiques ou analogiques envoyés par les moteurs et directement interfacé avec le moyen d'irradiation.

Au moyen du dispositif objet de l'invention, la fréquence des tirs est
15 dimensionnée par la vitesse des platines et la performance des encodeurs. L'invention permet de mettre en œuvre un dispositif de test d'un équipement électronique avec une fréquence près de mille fois plus rapide que les solutions proposées par l'art antérieur.

Un exemple d'application pratique peut être l'évaluation de la sensibilité au
20 latch-up d'un composant électronique de un centimètre par un centimètre qui peut être évaluée avec précision en moins de vingt minutes là où les tests divulgués par l'art antérieur nécessiteraient plusieurs heures.

Le contexte actuel de multiplication de systèmes électroniques toujours plus
25 complexes dans des conditions d'irradiation plus intenses, en particulier les systèmes embarqués au niveau sol, en avionique et aérospatiale nécessitent des tests d'exposition plus nombreux et de meilleures résolutions. L'invention se propose de répondre à ce besoin en réduisant drastiquement la durée de tests.

Dans des modes de réalisation, le signal est transmis au moyen apte à
réaliser une mesure de fonctionnement et une mesure de fonctionnement est
30 déclenchée par la réception d'un signal prédéterminé.

Grâce à ces dispositions, le moyen de mesure du fonctionnement, qui peut
consister par exemple en un capteur ou en l'évaluation de données de sorties de
l'équipement électronique testé, peut être actionné par le déplacement de la platine
de façon analogue au déclenchement d'une radiation décrit ci-avant.

Dans des modes de réalisation, la platine est configurée pour se déplacer selon trois axes X, Y et Z formant un repère orthogonal, un encodeur délivrant un signal représentatif d'une distance parcourue par la platine selon l'axe Z uniquement et dans lequel l'émission d'une radiation est déclenchée par la réception d'un signal de sorte qu'un déplacement selon les axes X et Y permet de positionner le dispositif et qu'un déplacement selon l'axe Z permet de contrôler l'émission de radiations.

Grâce à ces dispositions, le déplacement de la platine selon une dimension peut être utilisé comme moyen de commande du moyen d'irradiation. Ainsi un déplacement selon les axes X et Y permettra de positionner l'équipement électronique testé par rapport au moyen d'irradiation mais sans déclencher d'irradiation.

Dans un autre exemple un déplacement selon l'axe X avec des mouvements périodiques selon l'axe Z permettra de déplacer le moyen d'irradiation en réalisant des radiations régulières tout au long du déplacement.

Dans un autre exemple un encodeur par axe délivrant un signal représentatif d'une distance parcourue par la platine selon l'axe considéré permettra d'obtenir une impulsion des déplacements sur chaque axe.

Dans des modes de réalisation, l'équipement électronique testé comporte une horloge délivrant une pluralité de signaux d'horloge qui cadence le fonctionnement de l'équipement électronique et dans lequel au moins une opération parmi l'émission d'une radiation, la mise dans un état de fonctionnement prédéterminé de l'équipement électronique, ou une mesure de fonctionnement de l'équipement électronique est synchronisée à l'émission du signal d'horloge.

Grâce à ces dispositions, on peut synchroniser un état de fonctionnement de l'équipement électronique testé avec un événement du test. Ce mode de réalisation est particulièrement avantageux pour évaluer un équipement électronique dans un état de fonctionnement particulier.

Par exemple, l'exécution d'une étape d'un programme mis en œuvre pendant le test par l'équipement électronique pourra être synchronisée avec l'émission d'une radiation.

Dans des modes de réalisation, le dispositif comporte une ligne à retard reliée à au moins un encodeur qui à la réception d'un signal, délivre après un temps prédéterminé un signal retardé.

Une ligne à retard est un appareil dans lequel un signal passe de l'entrée à la sortie en une période de temps définie à l'avance. On pourra également utiliser le terme générateur de délai. Une ligne à retard peut être de nature électronique ou optique.

5 Grâce à ces dispositions, la transmission du signal émis par l'encodeur peut être retardée. Cette disposition permet de synchroniser entre eux différents éléments mis en œuvre lors du test ou encore de fixer un délai déterminé entre deux éléments.

10 Par exemple un même signal peut être délivré directement au moyen d'irradiation et à la ligne à retard. La ligne à retard transmet ensuite un signal retardé au moyen de mesure du fonctionnement de sorte à établir un délai maîtrisé entre l'exposition à la radiation et la mesure de fonctionnement.

15 Un aspect de l'invention est le test à haute vitesse résolu spatialement. Un autre aspect réside dans la cartographie temporelle de sensibilité. En effet dans un cycle de fonctionnement (coups d'horloge d'un programme, temps d'exécution), il est possible à partir de la chaîne synchrone de précisément agir sur le composant en retardant plus ou moins le délai entre l'irradiation et le démarrage du composant. Ainsi, effectuer cette cartographie temporelle en des points particuliers du composant est un autre intérêt de la chaîne synchrone.

20 Dans des modes de réalisation, une pluralité de signaux est combinée pour former un signal transmis au moyen d'irradiation et l'émission d'une radiation est déclenchée par la réception d'un signal prédéterminé.

Grâce à ces dispositions, les signaux logiques émanant de plusieurs encodeurs peuvent être combinés avant transmission au moyen d'irradiation.

25 Dans des modes de réalisation, une série de tests, par irradiation puis mesure du fonctionnement de l'équipement électronique, positionnés selon un chemin prédéterminé, est interrompu dès lors qu'une perte de fonctionnalité est mesurée lors d'une mesure de fonctionnement.

30 Grâce à ces dispositions, la durée du test est écourtée sur les tests comprenant une mesure de fonctionnement d'appareil susceptible d'expérimenter une perte de fonctionnalité. Ces dispositions permettent également de s'affranchir de l'occurrence de tests faussés par une perte de fonctionnalité causée par l'irradiation précédente lors d'une série de test.

On entend par perte de fonctionnalité un changement d'état non souhaité de l'équipement électronique testé, qu'il soit temporaire ou définitif. Il peut par exemple

s'agir de tout événement qui occasionne un délai de remise en marche d'un composant de l'équipement électronique testé.

Il peut par exemple s'agir de variations de niveau de tension ou des variations de niveau de courant, la perte de fonctionnalité étant atteinte au-delà d'un seuil prédéterminé ou d'erreur dans la logique de configuration de composants entraînant une perte de fonctionnalité.

Avantageusement, ces dispositions permettront d'interrompre une série de tests prévus sur un chemin prédéterminé parcourant l'équipement électronique testé pour passer directement au chemin suivant. Selon ces modalités, les tests sont susceptibles d'être très rapides et de délimiter des zones dites sensibles qui feront éventuellement l'objet d'analyse plus poussées ultérieurement.

Dans des modes de réalisation, le résultat de plusieurs séries de tests sont combinés pour délimiter des zones dites sensibles.

Dans des modes de réalisation, le dispositif comporte une pluralité de moyens d'irradiation en regard de l'équipement électronique, configurés pour le soumettre à des radiations, et dans lequel l'émission d'une radiation, est déclenchée par la réception d'un signal prédéterminé.

Grâce à ces dispositions, la vitesse des tests réalisés sur l'équipement électronique est augmentée par mise en parallèle de deux moyens d'irradiation. Les deux moyens d'irradiations pourront par exemple être commandés par un même signal émis par un encodeur.

Dans des modes de réalisation, au moins un moyen d'irradiation est un générateur de pulse électromagnétique.

Selon un deuxième aspect, l'invention concerne un procédé de test d'un équipement électronique au moyen du dispositif de l'invention qui comporte les étapes suivantes :

- mise en mouvement de la platine,
- génération par au moins un encodeur d'un signal représentatif d'une distance parcourue par la platine,
- transmission du signal au moyen d'irradiation
- émission d'une radiation par le moyen d'irradiation à la réception d'un signal prédéterminé et
- mesure de fonctionnement de l'équipement électronique.

Les buts, avantages et caractéristiques particulières de ce procédé objet de la présente invention étant similaires à ceux du dispositif objet de la présente invention, ils ne sont pas rappelés ici.

5

BREVE DESCRIPTION DES FIGURES

10 D'autres avantages, buts et caractéristiques particulières de la présente invention ressortiront de la description non limitative qui suit d'un mode de réalisation particulier du dispositif et procédé objets de la présente invention, en regard des dessins annexés, dans lesquels :

- la figure 1 représente, schématiquement, un exemple de réalisation particulier du dispositif de test objet de l'invention,
- 15 - la figure 2 représente, sous forme de logigramme, le procédé de mise en œuvre du dispositif objet de l'invention, et
- la figure 3 représente, schématiquement et sous forme de graphiques, le résultat de quatre séries de tests réalisés dans le cadre d'une étude préliminaire avec mesure de perte de fonctionnalité pour la détection de zone
- 20 de sensibilité sur un équipement électronique.

DESCRIPTION DETAILLEE DE MODES DE REALISATION DE L'INVENTION

25 La présente description est donnée à titre non limitatif, chaque caractéristique d'un mode de réalisation pouvant être combinée à toute autre caractéristique fonctionnellement compatible de tout autre mode de réalisation de manière avantageuse.

On note, dès à présent, que les figures ne sont pas à l'échelle.

30 La figure 1 représente, de manière schématique, un dispositif de test 10 suivant l'invention, illustré pendant l'exécution d'un test d'un équipement électronique 100. Le dispositif de test 10 comporte principalement :

- une platine 105 de support de l'équipement électronique 100 à tester,

- un générateur de radiations 135 produisant au moins un faisceau de radiation 140,
- un moyen de test 115 du bon fonctionnement de l'équipement électronique 100,
- 5 - un système de déplacement relatif de la platine 105 par rapport au faisceau de radiations 140 et
- un superviseur 170 du dispositif de test 10.

La platine 105 maintient l'équipement électronique 100 dans une position voulue lorsque ledit équipement électronique est soumis au test. La platine 105
10 comporte autant que de besoins des encodeurs 120, 121, 122 qui délivrent un signal 125, 126, 127 représentatif d'une distance parcourue par la platine 105.

Le générateur de radiations comporte au moins une source 135 de radiations générant au moins un rayonnement 140 formant un faisceau dont les rayons convergent en un point focal 146 et comporte un support (non représenté) qui
15 maintient ledit générateur ou une optique terminale dudit générateur pour positionner le foyer de l'au moins un faisceau à une position donnée dans l'espace, position qui correspond en pratique à un volume de l'équipement électronique en test, centré sur le point focal, volume dans lequel un niveau d'énergie spécifié est injecté.

Le support peut être fixe ou mobile pour autant que des mouvements
20 combinés de la platine 105 et du support du générateur de radiations permettent de déplacer le point focal 146 dans l'ensemble d'un volume de l'équipement électronique devant être exposé aux radiations.

Dans le présent exemple de réalisation, les radiations correspondent à un rayonnement électromagnétique cohérent du domaine optique, visible, infrarouge ou
25 ultraviolet, généré par un laser. Dans ce cas, la convergence des rayons est assurée par des éléments optiques conventionnels.

Dans une variant de réalisation les radiations sont générées par un générateur de pulse électromagnétique.

Le moyen de test 115 peut comporter tout moyen de mesure physique d'un
30 état physique discret ou global du dispositif.

Dans l'exemple de réalisation, l'équipement 100 est soumis à un test fonctionnel qui comporte une stimulation et une analyse de réponse.

Les stimulations comportent par exemple la transmission de données d'entrée à l'équipement 100 qui permettent l'exécution d'un programme.

Le moyen de test 115 réalise une surveillance des données de sorties l'équipement. Les données de sortie obtenues lors du fonctionnement d'un équipement en bon état de fonctionnement étant connues le moyen de test 115 compare les données de sorties obtenues lors du test. L'obtention de données de sortie anormales permet d'identifier une erreur ou panne du dispositif testé.

Dans l'exemple décrit les tests de fonctionnement sont réalisés en continu au court du déplacement et en particulier de manière synchrone au déplacement de la platine 105.

En effet, chaque irradiation est déclenchée par la réception d'un signal prédéterminé de la manière suivante : un signal est émis par l'au moins un des encodeurs et transmis à la source d'irradiation 135 qui déclenche l'émission d'une irradiation selon des règles prédéterminées. Par exemple le dépassement d'un seuil, d'une fréquence de signaux ou d'une amplitude peut déclencher l'émission d'une irradiation.

Ainsi le fonctionnement de la source d'irradiation est gouverné par le seul déplacement de la platine et ne requiert pas de l'établissement d'un programme de tir dédié. Ce mode de réalisation permet la réalisation de test haute fréquence en mouvement continu.

Le superviseur 170 comporte une unité d'acquisition 171 de données générées par l'équipement de test 115.

Le superviseur 170 comporte également un générateur de commandes de déplacements de la platine par rapport au faisceau de radiation 140, par exemple en transmettant des ordres de déplacement aux moteurs ou au contrôleur de puissance alimentant lesdits moteurs déplaçant la platine en énergie.

Le superviseur exécute également des séquences d'instructions correspondant à la spécification d'un essai à réaliser sur un équipement électronique. Le superviseur à ce titre définit les déplacements du faisceau de radiations et enregistre les données transmises par l'équipement de test en fonction de la position de la zone de l'équipement électronique exposée aux radiations.

Pendant un essai ou ultérieurement à l'essai, les données enregistrées sont analysées pour fournir des cartes de sensibilité de l'équipement électronique 100 à l'exposition aux radiations.

L'invention sera mieux comprise à la lumière d'un exemple de mise en œuvre du dispositif de test 100 qui suit.

Pour la réalisation de l'essai d'un équipement électronique 100, dans une étape préliminaire, ledit équipement est placé dans une configuration matérielle favorable à la réalisation de l'essai et à l'exploitation des résultats.

5 Avantageusement des cartes ou des composants sensibles seront testés unitairement en étant positionné sur la platine 105 de sorte que, des mouvements relatifs de la table et du faisceau de radiations, le point focal dudit faisceau balaye un volume devant être exposé aux radiations.

10 Par exemple, l'équipement électrique 100 est une carte de type circuit imprimé, mono-couche ou multi-couche. L'équipement électrique 100 comporte des composants passifs et actifs, plus ou moins intégrés, utiles à son fonctionnement, notamment une horloge 150, un commutateur, des microcontrôleurs, microprocesseurs, et mémoires.

15 L'équipement 100 peut comporter une couche protectrice 101 par exemple de type résine ou métallique. Dans ce cas, il est avantageux de retirer ladite couche protectrice, au moins pour former une fenêtre 102 au niveau d'une zone devant être exposée aux radiations pour favoriser la pénétration des radiations 140, 141 sans nécessairement augmenter la puissance du faisceau de radiations. Il est alors pris en compte l'atténuation provoquée par la couche protectrice 101 pour l'interprétation des résultats des essais.

20 La couche protectrice 101 peut consister en un boîtier encapsulant l'équipement électronique 100, ledit boîtier étant alors démonté pour exposer l'équipement électronique 100.

25 Dans une deuxième étape, l'équipement électronique est fixé sur la platine de sorte qu'un volume dudit équipement devant être exposé se trouve dans un volume de test accessible par le point focal du faisceau de radiations. Le dit équipement électronique est également raccordé à l'alimentation 110 pour être alimenté électriquement et au moyen de test 115 pour recevoir des signaux d'entrée et pour communiquer des signaux de sortie.

30 Dans une troisième étape, l'exposition de l'équipement aux rayonnements est effectuée. Pour cela, un programme d'essai est préalablement chargé dans le superviseur 170, le dit programme d'essai dans lequel est défini le volume de l'équipement devant être exposé, la quantité d'énergie et ou l'intensité du rayonnement auquel doit être exposé chaque volume élémentaire résultant d'une

discrétisation du volume devant être exposé et une trajectoire devant être suivie par le point focal dans le volume exposé.

Ces conditions se traduisent fonctionnellement par exemple par une trajectoire du point focal fonction du temps associée à une courbe de puissance émise par la source en fonction du temps ou de la position dudit point focal. Dans le cas où une puissance du faisceau n'est pas modulable, il sera alors modulé l'énergie apporté en chaque point du volume par un contrôle de la vitesse de déplacement dudit point focal, d'autant plus d'énergie étant déposée dans un volume donné que le temps pendant lequel point focal se trouve dans ce volume est long.

Une fois le programme d'essai engagé, le point focal balaye le volume devant être exposé aux radiations en suivant la trajectoire spécifiée.

Le signal représentatif du déplacement de la platine 105 est délivré par l'un des encodeurs 120, 121, 122 au moyen d'irradiation 135. Le moyen d'irradiation 135 émet une irradiation à la réception d'un signal prédéterminé.

On comprend ainsi que le fonctionnement de la source d'irradiation est gouverné par les mouvements de la platine déterminé par l'opérateur dans son programme d'essai.

Une fois le programme d'essai engagé un test de fonctionnement en continu est engagé et maintenu pour toute la durée du test. Les données collectées lors du test de fonctionnement sont enregistrés en vue d'une quatrième étape.

Dans une quatrième étape les enregistrements sont exploités pour produire une synthèse de la sensibilité de l'équipement aux radiations.

La synthèse peut consister en une cartographie d'une surface de l'équipement, ou de tranches d'un volume de l'équipement, dans lequel une position du point focal sur la carte de l'équipement correspondant à une occurrence d'un dysfonctionnement dudit équipement est repérée comme un point singulier.

Ainsi sur la cartographie de l'équipement électronique il est obtenu une série de points singuliers dont une mise en corrélation permet de matérialiser une zone de l'équipement sensible au rayonnement.

La mise en corrélation est par exemple spatiale et ou temporelle et prend en compte la trajectoire suivie par le point focal.

Un exemple de réalisation de détermination d'une cartographie de sensibilité est illustré en figure 3.

Dans des variantes de réalisation de la source d'irradiation 135, 136, l'irradiation peut être de tout type tel qu'un rayonnement laser, un rayonnement ionisant, un rayonnement du spectre visible ou un rayonnement du spectre électromagnétique.

5 Dans une variante présentée en figure 1, le dispositif de test comporte deux sources de rayonnement laser, 135 et 136, concentrés respectivement par deux lentilles 142 et 143. Alternativement, les deux sources de rayonnement laser 135 et 136 peuvent être concentrées par un unique système de focalisation.

10 Dans ce mode de réalisation, le dispositif 10 comporte une pluralité de moyens 135, 136 d'irradiation en regard de l'équipement électronique 100 configurés pour le soumettre à des irradiations 140, 141 et dans lequel l'émission d'une irradiation 140,141 est déclenchée par la réception d'un signal 125, 126, 127, 128, 129 prédéterminé.

15 Le moyen d'irradiation 135, 136 est configuré pour être positionné avec précision en regard de l'équipement électronique 100 par la platine 105 de sorte à pouvoir irradier l'ensemble d'un volume à tester. Par exemple, l'analyse de la surface d'un dispositif électronique 100 d'une dizaine de centimètre carré par irradiation au laser avec un pas de quelques micromètres entre chaque irradiation pourra requérir un grand nombre de tests.

20 L'irradiation est susceptible d'occasionner un dégât temporaire ou définitif sur l'équipement électronique 100, d'entraver son fonctionnement ou d'entraver sa capacité à exécuter un programme.

25 Dans des modes de réalisation, le fonctionnement de l'équipement électrique 100 est mesuré de manière discrète par un moyen 115 apte à réaliser une mesure de fonctionnement suite à chaque irradiation.

Selon la caractéristique observée, il peut s'agir d'un capteur optique, d'un capteur de tension ou de toute autre mesure électronique.

30 Dans des modes de réalisation, le moyen 115 peut également consister en un analyseur de données de sorties produite par l'équipement électrique 100 lors de la mise en œuvre d'un programme et qui vérifie si les données de sorties correspondent aux données attendue lors d'un fonctionnement normal de l'équipement électronique 100.

On souligne ainsi que la mesure réalisée par le moyen 115 peut être un ensemble de mesures discrètes ou bien effectué en continue.

La réalisation d'un ensemble de test suivis d'une mesure de fonctionnement permet de dresser des cartes de sensibilité de l'équipement électronique testé à l'irradiation mise en œuvre.

5 La platine 105 comporte au moins un encodeur 120, 121, 122, qui délivre un signal 125, 126, 127 logique ou analogique représentatif d'une distance parcouru par la platine 105. Le mode de réalisation présenté en figure 1 illustre une platine 105 portant l'équipement électronique 100. Il est bien entendu que dans des modes de réalisation la platine peut porter le moyen d'irradiation de manière à déplacer la source d'irradiation en regard d'un équipement électronique testé fixe.

10 Dans des modes de réalisation la platine 105 comporte trois encodeurs 120, 121 et 122 délivrant chacun un signal représentatif du déplacement de la platine respectivement selon un axe X, Y ou Z. Préférentiellement les axes X, Y et Z sont orthogonaux.

15 Le dispositif 10 se distingue tout particulièrement de l'art antérieur en ce que le signal 125, 126, 127 est transmis au moyen 135, 136 d'irradiation et en ce que l'émission d'une irradiation 140 est déclenchée par la réception d'un signal 125, 126, 127 prédéterminé. L'invention tire parti du signal logique ou analogique délivré par les encodeurs pour contrôler directement le moyen d'irradiation.

20 Dans des modes de réalisation, la platine 105 est configurée pour se déplacer selon trois axes X, Y et Z formant un repère orthogonal, un encodeur 122 délivrant un signal 127 représentatif d'une distance parcourue par la platine 105 selon l'axe Z uniquement et dans lequel l'émission d'une irradiation 140 est déclenchée par la réception d'un signal 127.

25 A titre d'exemple, les axes X et Y forment un plan parallèle à la surface de l'équipement électronique 100 et l'axe Z est la normale au plan. Ainsi, un déplacement de la platine sur le plan XY de l'équipement électronique 100 ne déclenche pas d'émission par le moyen d'irradiation 135, 136. En revanche un déplacement contrôlé de la platine sur l'axe Z a pour effet l'émission d'un signal 127 par l'encodeur 122, le signal 127 peut être transmis au moyen d'irradiation 135, 136 pour déclencher l'émission d'une radiation. Ce mode de réalisation permet le
30 contrôle du moyen d'irradiation 135, 136 par un déplacement de la platine 105 selon l'axe Z.

Le dispositif 10 peut comporter un étage 162 dédié au traitement du signal configuré pour remettre en forme le signal brut 125, 126, 127. Cet étage 162 est mis

en œuvre dans le cas où le signal délivré par les encodeurs n'est pas directement compatible avec les signaux que le moyen d'irradiation 135, 136, ou le contrôleur du moyen d'irradiation, peut accepter en entrée. L'étage 162 de traitement du signal est un élément bien connu de l'art antérieur qui utilise par exemple un système à base de comparateur.

Dans des modes de réalisation, une pluralité de signaux 125, 126, 127 est combinée pour former un signal 128 transmis au moyen 135 d'irradiation.

La combinaison de plusieurs signaux est réalisée au moyen d'un étage de traitement du signal 161.

Dans des modes de réalisation, l'élément 115 délivre un signal logique signalant l'état de santé du composant. Celui-ci peut alors être combiné aux signaux de déplacement 125, 126, 127 émis par au moins un encodeur. Le signal délivré par l'étage de traitement du signal pourra alors être analysé afin d'autoriser un nouveau tir.

Dans des variantes de réalisation, le signal 125, 126, 127 est transmis au moyen 115 apte à réaliser une mesure de fonctionnement et une mesure de fonctionnement est déclenchée par la réception d'un signal 125, 126, 127 prédéterminé.

Selon des dispositions comparables au contrôle de l'émission d'irradiation 140, 141 par la réception d'un signal émis par les encodeurs lors d'un déplacement de la platine 105 le signal peut être exploité pour déclencher une mesure de fonctionnement par le moyen 115. Ce mode de réalisation est particulièrement avantageux dans le cas de mesures discrètes.

Dans des variantes, le dispositif comporte un capteur 144 d'activation du moyen 135, 136 d'irradiation. Le capteur 144 est configuré pour identifier l'émission d'une irradiation 140, 141 par le moyen 135, 136. Le capteur 144 peut par exemple être une photodiode configurée pour identifier un tir laser 140, 141. Le capteur 144 peut être interfacé au moyen 115 de sorte que lorsqu'une irradiation 140, 141 est détectée un signal envoyé au moyen 115 déclenche une mesure de fonctionnement.

Dans des modes de réalisation, l'équipement électronique 100 testé comporte une horloge 150 délivrant une pluralité de signaux 130 d'horloge qui cadencent le fonctionnement de l'équipement électronique 100 et dans lequel au moins une opération parmi l'émission d'une radiation 140, la mise dans un état de fonctionnement prédéterminé de l'équipement électronique 100, ou une mesure de

fonctionnement de l'équipement électronique 100 est synchronisée à l'émission du signal 130 d'horloge.

5 Ce mode de réalisation concerne le test de systèmes électrique 100 possédant une horloge 150 cadencant l'évolution d'état de l'équipement. A titre d'exemple, un convertisseur de puissance fonctionnant à une fréquence de découpage donnée ou une application fonctionnant à une fréquence d'horloge donnée présente cette caractéristique.

10 Le dispositif 10 permet alors de réaliser des tests d'irradiation dans lesquels, pour chaque position d'irradiation, le tir est effectué de manière synchronisée avec un état de fonctionnement de l'équipement 100 sous test.

Dans des modes de réalisation, le dispositif 10 comporte une ligne à retard 160 relié à au moins un encodeur 120, 121, 122 qui à la réception d'un signal 125, 126, 127 délivre après un temps prédéterminé un signal 129 retardé.

15 Dans des modes de réalisation, une série de tests, par irradiation 140 puis mesure du fonctionnement de l'équipement électronique 100, positionnés selon un chemin prédéterminé, est interrompu dès lors qu'une perte de fonctionnalité est mesurée lors d'une une mesure de fonctionnement. Dans ce mode de réalisation, le programme de test inclue un découpage du chemin parcouru par la source d'irradiation en une pluralité de trajectoires et dès lors qu'une perte de fonctionnalité
20 est constatée le test selon la trajectoire en cours est interrompu puis reprend au point d'origine de la trajectoire suivante. Ce mode de réalisation est illustré en figure 3.

On observe, en figure 2 un procédé 20 de test d'un équipement électronique 100 au moyen du dispositif décrit précédemment, qui comporte les étapes suivantes :

- 25
- mise en mouvement 210 de la platine,
 - génération 220 par au moins un encodeur d'un signal représentatif d'une distance parcourue par la platine,
 - transmission 230 du signal au moyen d'irradiation
 - émission 240 d'une irradiation par le moyen d'irradiation à la réception d'un signal
30 prédéterminé et
 - mesure 250 de fonctionnement de l'équipement électronique.

Une partie des buts et caractéristiques du procédé 20 étant détaillée dans la description du dispositif 10, ils ne sont pas rappelés ici.

Préalablement à la mise en place du procédé 20 un programme de déplacement de la platine est établi qui détaille la vitesse, la trajectoire, un point de départ et un point d'arrivée de la platine lors de la mise en œuvre du procédé.

5 Avantageusement, le programme de déplacement gouverne à l'émission d'une radiation sur l'équipement électronique testé. Le programme de déplacement peut également gouverner au déclenchement de tests du fonctionnement de l'équipement électronique et à la mise en œuvre d'un programme logiciel par l'équipement électronique.

Le procédé 20 peut également comporter:

- 10 - une étape de délai 216, mise en œuvre par une ligne à retard, qui comporte l'envoi d'un signal retardé vers le moyen d'irradiation et/ou vers le moyen apte à réaliser une mesure de fonctionnement,
- une étape 217 de mise en œuvre d'un programme informatique par l'équipement électronique testé,
- 15 - une étape 225 de mise en forme du signal mise en œuvre par un étage de traitement du signal,
- une étape 226 de combinaison de plusieurs signaux durant laquelle plusieurs signaux logique émis par les encodeurs sont combinés, par exemple par addition et
- 20 - une étape 255 de test de fonctionnalité configurée pour déterminer si une perte de fonctionnalité est constatée sur l'équipement électronique, selon des modes de réalisation de l'invention la mesure d'une perte de fonctionnalité peut entraîner une fin immédiate du mouvement de la platine.

25 On observe en figure 3, le résultat sous forme de graphiques 410, 420, 430 et 440, quatre ensembles de tests réalisés dans le cadre d'une étude préliminaire avec mesure de perte de fonctionnalité pour la détection de zone de sensibilité sur un équipement électronique 400.

30 Chaque graphique 410, 420, 430, 440 est obtenu par mise en œuvre du dispositif de test d'un équipement électronique tel que décrit en figure 1. L'équipement électronique est disposé sur une platine mise en mouvement par rapport à un moyen d'irradiation. Au fur et à mesure du déplacement de la platine, des irradiations sont émises. A l'issue de chaque irradiation, un test de fonctionnalité est réalisé.

La partie de l'équipement électronique testée peut être rapporté à un plan défini par deux axes X et Y orthogonaux. L'intersection des axes X et Y est définie comme l'origine du repère XY.

5 On s'intéresse en particulier au graphique 410. Des séries 411, 412 de test comportant chacun une irradiation et un test de fonctionnalité sont réalisés sur la surface de l'équipement électronique 400. La trajectoire de déplacement du moyen d'irradiation en relation avec l'équipement électronique testé est programmée sous formes de lignes parallèles à l'axe X et se déplacent en valeur croissante de l'axe X.

10 Chaque ensemble de tests réalisés le long d'une unique ligne constitue une série de test. Une série de test est interrompue dès lors qu'un test de fonctionnement mesure une perte de fonctionnalité. C'est le cas illustré par la série 412. L'ensemble de l'équipement électronique à tester est ainsi balayée.

De manière analogue, le graphique 420 représente le résultat d'un balayage par des séries 421, 422 de test parallèles à l'axe X et en valeur décroissantes.

15 De manière analogue les graphiques 430 et 440 représentent les résultats de balayages par des séries 431, 432, 441, 442 de test parallèles à l'axe Y, en valeur décroissantes et croissantes.

Dans des modes de réalisation, le résultat de plusieurs séries de tests sont combinés pour délimiter des zones 401, 402 dites sensibles.

20 En recoupant par superposition les résultats obtenus lors de chaque ensemble de test on peut délimiter le contour d'une à plusieurs zones dites sensibles qui feront éventuellement l'objet de tests plus poussés.

REVENDEICATIONS

1. Dispositif (10) de test d'un équipement électronique (100) comportant :
- une platine (105) comportant une alimentation (110) de puissance et un moyen (115) apte à réaliser une mesure de fonctionnement pendant le test, la platine (105) comportant également au moins un encodeur (120, 121, 122) délivrant un signal (125, 126, 127) représentatif d'une distance parcourue par la platine (105),
 - un moyen (135) d'irradiation en regard de l'équipement électronique (100) et configuré pour le soumettre à des radiations (140),
- caractérisé en ce que, le signal (125, 126, 127) est transmis au moyen (135) d'irradiation et en ce que l'émission d'une radiation (140) est déclenchée par la réception du signal (125, 126, 127) prédéterminé.
2. Dispositif (10) de test d'un équipement électronique (100) selon la revendication 1, dans lequel le signal (125, 126, 127) est transmis au moyen (115) apte à réaliser une mesure de fonctionnement et en ce qu'une mesure de fonctionnement est déclenchée par la réception du signal (125, 126, 127) prédéterminé.
3. Dispositif (10) de test d'un équipement électronique (100) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la platine (105) est configurée pour se déplacer selon trois axes X, Y et Z formant un repère orthogonal, un encodeur (122) délivrant un signal (27) représentatif d'une distance parcourue par la platine (105) selon l'axe Z uniquement et dans lequel l'émission d'une radiation (140) est déclenchée par la réception d'un signal (127) de sorte qu'un déplacement selon les axes X et Y permet de positionner le dispositif (10) et qu'un déplacement selon l'axe Z permet de contrôler l'émission de radiations (140).
4. Dispositif (10) de test d'un équipement électronique (100) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'équipement électronique (100) testé comporte une horloge (150) délivrant une pluralité de signaux (130) d'horloge qui cadencent le fonctionnement de l'équipement

électronique (100) et dans lequel au moins une opération parmi l'émission d'une radiation (140), la mise dans un état de fonctionnement prédéterminé de l'équipement électronique (100), ou une mesure de fonctionnement de l'équipement électronique (100) est synchronisée à l'émission du signal (130) d'horloge.

5

5. Dispositif (10) de test d'un équipement électronique (100) selon l'une quelconque des revendications précédentes, qui comporte une ligne à retard (160) reliée à au moins un encodeur (120, 121, 122) qui à la réception du signal (125, 126, 127) délivre après un temps prédéterminé un signal (129) retardé.

10

6. Dispositif (10) de test d'un équipement électronique (100) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les signaux (125, 126, 127) sont combinés pour former un signal (128) transmis au moyen (135) d'irradiation.

15

7. Dispositif (10) de test d'un équipement électronique (100) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel une série de tests, par irradiation (140) puis mesure du fonctionnement de l'équipement électronique (100), positionnés selon un chemin prédéterminé, est interrompu dès lors qu'une perte de fonctionnalité est mesurée lors d'une mesure de fonctionnement.

20

8. Dispositif (10) de test d'un équipement électronique (100) selon la revendication précédente, dans lequel le résultat de plusieurs séries de tests sont combinés pour délimiter des zones (401, 402) dites sensibles.

25

9. Dispositif (10) de test d'un équipement électronique (100) selon l'une quelconque des revendications précédentes, qui comporte une pluralité de moyens (135, 136) d'irradiation en regard de l'équipement électronique (100) configurés pour le soumettre à des radiations (140, 141) et dans lequel l'émission d'une radiation (140, 141) est déclenchée par la réception d'un des signaux (125, 126, 127, 128, 129) prédéterminés.

30

10. Dispositif (10) de test d'un équipement électronique (100) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel au moins moyen (135) d'irradiation est un générateur de pulse électromagnétique.

- 5 11. Procédé (20) de test d'un équipement électronique (100) au moyen du dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en ce qu'il comporte les étapes suivantes :
- mise en mouvement (210) de la platine,
 - génération (220) par au moins un encodeur d'un signal représentatif d'une
 - 10 distance parcourue par la platine,
 - transmission (230) du signal au moyen d'irradiation,
 - émission (240) d'une radiation par le moyen d'irradiation à la réception d'un signal prédéterminé et,
 - mesure (250) de fonctionnement de l'équipement électronique.

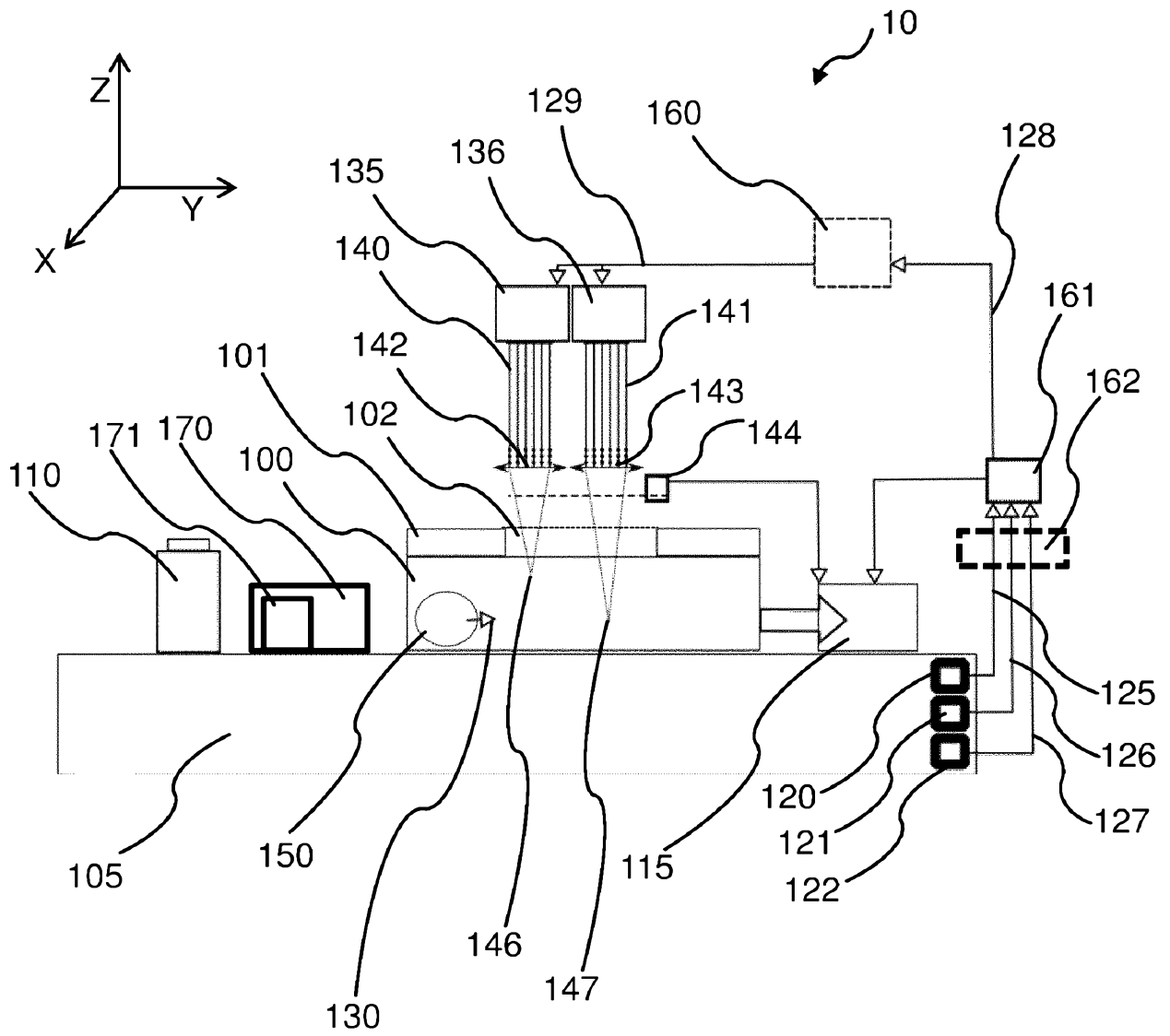


FIG 1

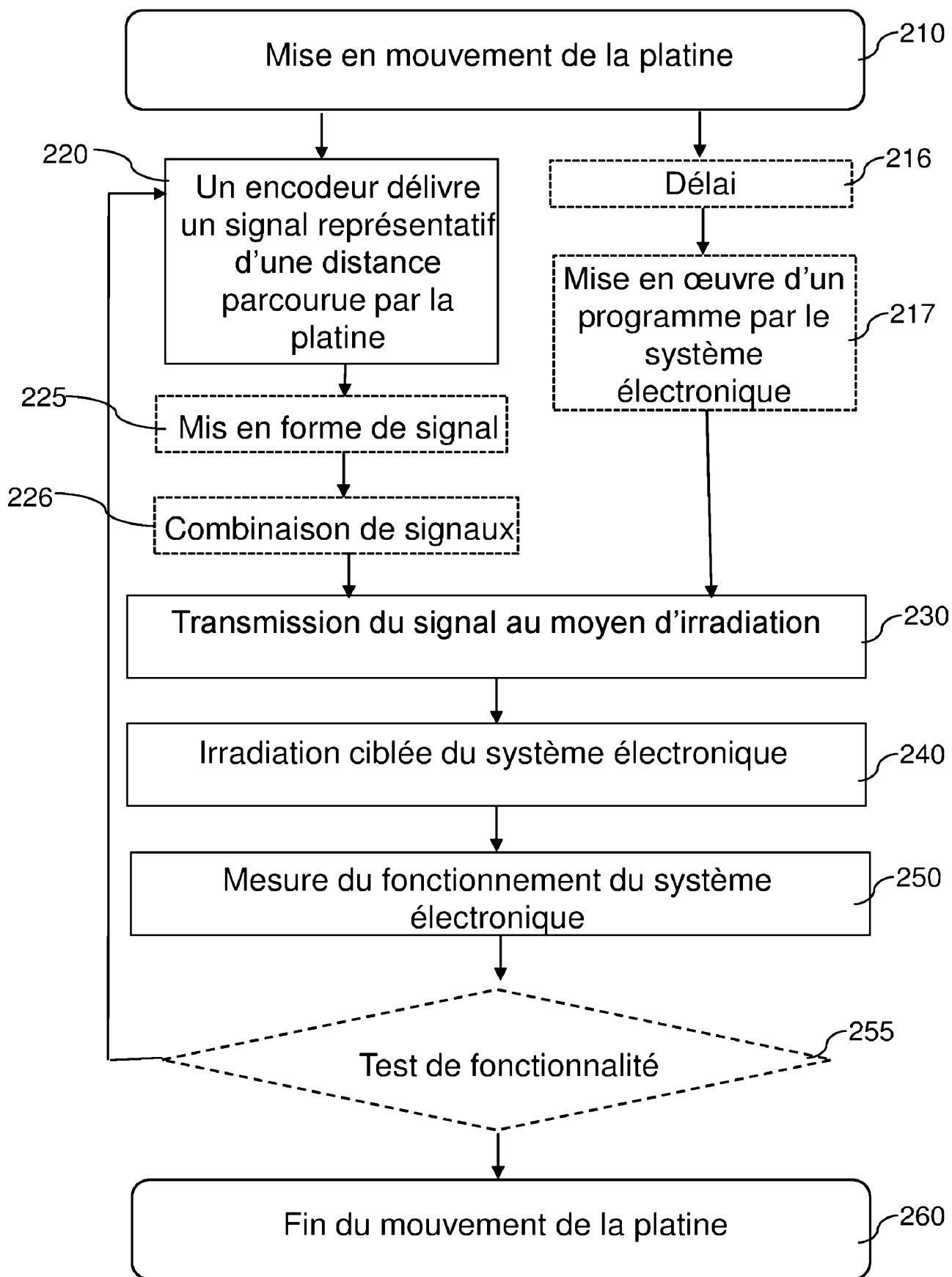


FIG 2

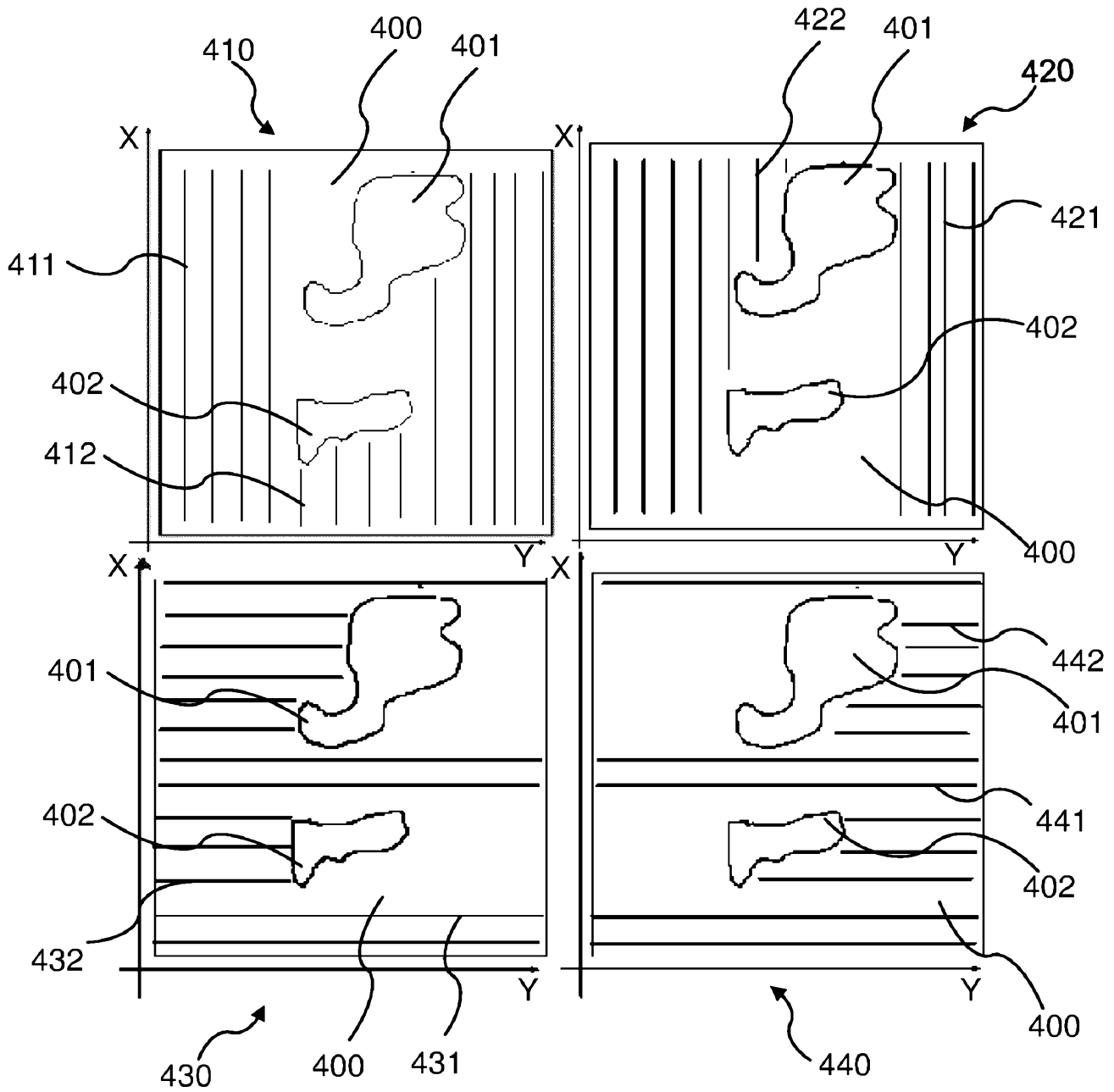


FIG 3

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

FR 2 939 964 A1 (EADS EUROP AERONAUTIC DEFENCE [FR]) 18 juin 2010 (2010-06-18)

US 6 445 813 B1 (IKURUMI KAZUHIRO [JP] ET AL) 3 septembre 2002 (2002-09-03)

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

US 4 786 865 A (ARIMURA ITSU [US] ET AL) 22 novembre 1988 (1988-11-22)

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

NEANT