



## (12) BREVET D'INVENTION

(11) N° de publication : **MA 38366 B1** (51) Cl. internationale : **G01S 13/90**

(43) Date de publication :  
**30.12.2016**

---

(21) N° Dépôt :  
**38366**

(22) Date de Dépôt :  
**08.02.2014**

(30) Données de Priorité :  
**08.02.2013 IT TO2013A000108**

(86) Données relatives à la demande internationale selon le PCT:  
N° Dépôt international Date D'entrée en phase nationale  
**PCT/IB2014/058873 01.09.2015**

(71) Demandeur(s) :  
**THALES ALENIA SPACE ITALIA S.P.A. CON UNICO SOCIO, Via Saccomuro, 24 Roma (IT)**

(72) Inventeur(s) :  
**CALABRESE, Diego**

(74) Mandataire :  
**SABA&CO**

---

(54) Titre : **IMAGERIE SAR DE CARTOGRAPHIE PAR BANDES À FAUCHÉE MULTIPLE**

(57) Abrégé : La présente invention concerne un procédé d'imagerie SAR, qui comprend la réalisation de N acquisitions SAR dans un mode de cartographie par bandes de zones de la surface terrestre au moyen d'un radar à ouverture synthétique qui est transporté par une plateforme (30) aérienne ou satellite et qui comprend une antenne non partitionnée, unique et un unique récepteur couplé à ladite antenne non partitionnée, unique, N étant un nombre entier supérieur à un. Chaque acquisition SAR dans un mode de cartographie par bandes est réalisée à l'aide d'un angle de directivité respectif par rapport à la direction de vol du radar à ouverture synthétique, ledit angle de directivité respectif étant égal à, ou différent de, les angles de directivité utilisés pour réaliser les autres N-1 acquisitions SAR dans un mode de cartographie par bandes. Chaque acquisition SAR dans un mode de cartographie par bandes est réalisée à l'aide d'un angle d'élévation respectif par rapport au nadir du radar à ouverture synthétique, ledit angle d'élévation respectif étant différent des angles d'élévation utilisés pour réaliser les autres N-1 acquisitions SAR dans un mode de cartographie par bandes, conduisant ainsi à ce que chaque acquisition SAR dans un mode

de cartographie par bandes est associée à une fauchée respective de la surface terrestre qui est différente des fauchées observées par l'intermédiaire des autres N-1 acquisitions SAR dans un mode de cartographie par bandes. Chaque acquisition SAR réalisée dans un mode de cartographie par bandes comprend des opérations d'émission et de réception radar respectives qui sont entrelacées dans le temps, individuellement ou en groupes, avec une unique, ou des groupes d'opérations d'émission et de réception radar des autres N-1 acquisitions SAR dans un mode de cartographie par bandes réalisées, et qui comprennent l'émission et la réception de faisceaux radar respectifs dans des directions d'acquisition respectives qui sont définies par l'angle de directivité respectif et par l'angle d'élévation respectif utilisés pour ladite acquisition SAR dans un mode de cartographie par bandes, conduisant ainsi à ce que lesdites directions d'acquisition respectives sont parallèles les unes aux autres et non parallèles aux directions d'acquisition des autres N-1 acquisitions SAR dans un mode de cartographie par bandes réalisées. Le procédé comprend en outre la génération, sur la base de chaque acquisition SAR dans un mode de cartographie par bandes réalisée, d'images SAR de zones de la fauchée respective observées par l'intermédiaire de ladite acquisition SAR dans un mode de cartographie par bandes. Toutes les images SAR générées ont une même résolution d'azimut qui est égale à la moitié de la longueur physique ou équivalente le long de la direction d'azimut de l'antenne non partitionnée, unique du radar à ouverture synthétique.

**RESUME**

La présente invention concerne un procédé de formation d'image SAR, qui comprend la  
5 réalisation de N acquisitions SAR en mode de cartographie par bandes de zones de la surface  
de la Terre au moyen d'un radar à synthèse d'ouverture qui est transporté par une plate-forme  
aérienne ou satellite (30) et qui comporte une antenne unique, non -partitionnée et un  
récepteur unique couplé à ladite antenne unique non partitionnée, N étant un entier supérieur  
à un. Chaque acquisition SAR en mode de cartographie par bandes est effectuée en utilisant  
10 un angle d'observation respectif par rapport à la direction de vol du radar à synthèse  
d'ouverture, ledit angle d'observation respectif étant égal à, ou différent des angles  
d'observation utilisés pour effectuer les autres N-1 acquisitions SAR en mode de cartographie  
par bandes. Chaque acquisition SAR en mode de cartographie par bandes est effectuée en  
utilisant un angle d'altitude respectif par rapport au nadir du radar à synthèse d'ouverture, ledit  
15 angle d'altitude respectif étant différent des angles d'altitude utilisés pour effectuer les N-1  
acquisitions SAR dans le mode de cartographie par bandes, et par conséquent, il en résulte  
que chaque acquisition SAR dans le mode de cartographie par bandes est relative à la fauchée  
respective de la surface de la Terre qui est différente des fauchées observées à travers les  
autres N-1 acquisitions SAR du mode de cartographie par bandes. Chaque acquisition SAR  
20 effectuée en mode de cartographie par bandes comprend les opérations respectives  
d'émission et de réception radar qui sont intercalés dans le temps, individuellement ou en  
groupe, avec un seul ou des groupes d'opérations d'émission et de réception radar des autres  
N-1 acquisitions SAR en mode de cartographie par bandes effectuées, et qui comprennent  
l'émission et la réception de faisceaux radar respectifs dans les directions d'acquisition  
25 respectives qui sont définies par l'angle d'observation respectif et par l'angle d'altitude  
respectif utilisé pour ladite acquisition SAR en mode de cartographie par bandes, ce qui  
entraîne que lesdites directions d'acquisition respectives sont parallèles les unes aux autres et  
ne sont pas parallèles aux directions d'acquisition des autres N-1 acquisitions SAR effectuées  
en mode de cartographie par bandes. Le procédé comprend en outre la génération, sur la base  
30 de chaque acquisition SAR en mode de cartographie par bandes effectuée, des images SAR  
des zones de la fauchée respective observée via l'acquisition SAR en mode de cartographie  
par bandes. Toutes les images SAR générées ont une et même résolution en azimut qui est

- 23 -

égale à la moitié de la longueur physique ou équivalente le long de la direction azimut de l'antenne unique, non partitionnée du radar à synthèse d'ouverture.

5

(VINGT SEPT PAGES)

THALES ALENIA SPACE ITALIA  
S.P.A. CON UNICO SOCIO  
P. P. SABA & CO., Casablanca

1

**IMAGERIE SAR DE CARTOGRAPHIE PAR BANDES A FAUCHÉE MULTIPLE****DOMAINE TECHNIQUE DE L'INVENTION**

La présente invention concerne la télédétection au moyen d'un Radar à Synthèse d'Ouverture  
5 (SAR) en général et, en particulier, un procédé innovant d'imagerie SAR de cartographie par  
bandes à fauchée multiple.

**L'ÉTAT DE L'ART**

Une géométrie typique de référence pour générer des images SAR de la surface de la Terre  
10 est représentée sur la figure 1. A cet égard, on tient à souligner le fait que dans la figure 1 (et  
aussi dans les figures suivantes qui seront présentées et décrites ci-après), la surface de la  
Terre est (et sera) représentée "plane" uniquement pour la commodité et la simplicité de  
l'illustration et de la description, sans aucune perte de généralité.

15 En particulier, la figure 1 représente schématiquement un radar à synthèse d'ouverture (ci-  
après appelé capteur SAR, pour la simplification de la description) 10 qui se déplace le long  
d'une direction de vol  $d$  à une altitude  $h$  (par rapport à la surface de la Terre) supposée être  
sensiblement constante. Comme il est connu, l'altitude  $h$  du capteur SAR 10 est mesurée le  
long d'une direction du nadir  $z$  qui passe à travers ledit capteur SAR 10 (en particulier, elle  
20 passe par le centre de phase de l'antenne du capteur SAR 10) et est orthogonale à la surface de  
la Terre et à la direction du vol  $d$ . Idéalement, le capteur SAR 10 est transporté en vol/orbite  
par une plate-forme aérienne/spatiale (non représentée sur la figure 1 pour simplifier  
l'illustration), telles que, par exemple, un aéronef ou un drone sans pilote (UAV), ou un  
satellite. La trace au sol de la direction de vol  $d$  identifie une direction d'azimut  $x$  qui est  
25 parallèle à ladite direction de vol  $d$  et orthogonal à la direction du nadir  $z$ , alors qu'une  
direction transversale à la piste  $y$ , qui est perpendiculaire à la fois à la direction du nadir  $z$  et à  
la direction d'azimut  $x$ , avec la direction d'azimut  $x$ , identifie un plan  $x$ - $y$  tangentiel à la  
surface de la Terre. En cours d'utilisation, au moyen d'une antenne opportune (non  
représentée sur la figure 1 pour simplifier l'illustration), le capteur SAR 10 transmet des  
30 impulsions radar et reçoit les signaux rétrodiffusés associés dans une direction d'acquisition  
 $sr$  qui identifie la distance oblique et qui forme un angle d'altitude  $\theta$  avec la direction du nadir  
 $z$  et un angle d'observation  $\varphi$  avec la direction de vol  $d$  (ou, de manière équivalente, avec la

direction d'azimut  $x$ ) qui, dans la géométrie d'acquisition SAR représentée sur la figure 1, est égal à  $90^\circ$ .

En particulier, la géométrie d'acquisition SAR représentée sur la figure 1 concerne le mode  
5 appelé cartographie par bandes, dans lequel le capteur SAR 10 éclaire une bande de la surface de la Terre, connue sous le nom d'une fauchée, avec des impulsions radar et reçoit ensuite les signaux rétrodiffusés associés à ceux-ci, ladite fauchée s'étend principalement en parallèle avec la direction d'azimut  $x$  et ayant une largeur donnée  $W$  le long de la direction transversale  $y$ . Pour plus de clarté, la figure 2 montre la géométrie d'acquisition SAR en mode de  
10 cartographie par bandes dans le plan  $x$ - $y$ , où il est possible d'observer comment les angles d'observation  $\phi$  sont tous les mêmes (en particulier, dans l'exemple représenté sur la figure 2, les angles observation  $\phi$  sont tous des angles droits).

La technologie SAR peut être considérée comme une technologie mature. En fait, de nos  
15 jours, il existe d'innombrables articles, des manuels, des brevets et demandes de brevets qui décrivent les caractéristiques et le potentiel de celle-ci; à cet égard, on peut se référer à:

- l'article de Josef Mittermayer et al. intitulé "*Bidirectional SAR Imaging Mode*", IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, vol. 51, no. 1, 1er janvier 2013, pages 601-614, qui sera ci-après indiqué, pour la simplicité de description, comme Ref1 et qui décrit un  
20 mode pour créer des images SAR bidirectionnelles;
- la demande de brevet allemand DE 103 19 063 A1, qui sera ci-après indiquée, pour la simplicité de la description, comme Ref2 et qui se rapporte à un procédé et un système d'antenne SAR ayant une pluralité d'éléments d'antenne pour générer des faisceaux SAR multiples;
- 25 • l'article de A. Currie et al. intitulé "*Wide-swath SAR*", IEE Proceedings of Radar and Signal Processing, vol. 139, no. 2, 1 avril 1992, pages 122-135, qui sera ci-après indiqué, pour la simplicité de description, comme Ref3 et qui décrit les différents procédés pour l'élargissement de la fauchée observable via un SAR;
- l'article de G. Krieger et al. intitulé "*Advanced Concepts for High-Resolution Wide-*  
30 *Swath SAR Imaging*", 8ème Conférence européenne sur 'Synthetic Aperture Radar', 7 Juin 2010, pages 524 à 527, qui sera indiqué ci-après, pour la simplicité de la description, comme Ref4 et qui présente les différents concepts concernant les systèmes SAR multicanaux pour

créer des images SAR à large fauchée à haute résolution;

- le livre de JC Curlander et RN McDonough intitulé "*Synthetic Aperture Radar: Systems and Signal Processing*", Wiley Series in Remote Sensing, Wiley-Interscience, 1991, qui sera indiqué ci-après, pour la simplicité de la description, comme Ref5 et qui est un manuel sur les systèmes SAR; et
- le livre de G. Franceschetti et R. Lanari intitulé "*Synthetic Aperture RADAR Processing*", CRC Press, Mars 1999, qui sera ci-après indiqué, pour la simplicité de description, comme Ref6 et qui est un autre manuel sur les systèmes SAR.

10 Comme il est connu, la résolution en azimut pour une acquisition SAR en mode de cartographie par bandes est une fonction de l'ouverture angulaire (ou écart angulaire - angle delta) avec lequel une cible est observée par le capteur SAR; ou, de manière équivalente, la résolution en azimut peut également être considérée comme une fonction de la différence de temps (temps delta), liée à la vitesse du capteur SAR, avec laquelle la cible est observée. En particulier, la résolution en azimut peut être exprimée par l'équation suivante (pour plus de détails, se référer à Ref3, Ref5 et Ref6):

$$res = \frac{0.886\lambda}{2 * delta\_angle}$$

où *res* indique la résolution en azimut,  $\lambda$  indique la longueur d'onde utilisée par le capteur SAR et *delta\_angle* indique l'ouverture angulaire (ou écart angulaire - angle delta) avec laquelle la cible est observée par le capteur SAR.

En supposant l'angle comme une ouverture 3 dB (un passage) de l'antenne ( $= 0.886\lambda/L$ , où  $L$  indique la longueur physique ou équivalente le long de la direction azimut de l'antenne du capteur SAR), la contrainte traditionnellement associée à la résolution en azimut pour le mode de cartographie par bandes peut être obtenue, et qui est égale à  $L/2$  (pour plus de détails, se référer à Ref3 Ref5 et Ref6).

Actuellement, de très larges faisceaux d'antenne sont utilisés pour améliorer la résolution en azimut, ceux-ci étant réalisées grâce à l'utilisation d'antennes de petites dimensions ou un sous-système d'éclairage ou d'amplitude et/ou de modulation de phase de manière à réduire la taille équivalente, ou en utilisant ce qui est appelé le mode *soptlight*, la logique de l'acquisition de ce mode est illustrée schématiquement à la figure 3.

En particulier, comme représenté sur la figure 3, la logique d'acquisition SAR en mode spotlight envisage d'utiliser un pilotage continu ou quasi-continu, du faisceau d'antenne pendant le mouvement de vol du capteur SAR 10 (en ajustant dynamiquement la valeur de l'angle d'observation  $\phi$ ) de manière à éclairer une même zone d'intérêt avec les impulsions radar, et ensuite recevoir les signaux rétrodiffusés associés à celles-ci, de cette façon on peut augmenter le temps de persistance du capteur SAR 10 sur ladite zone d'intérêt et améliorer ainsi la résolution en azimut.

10 Les deux procédés cités ci-dessus utilisés pour l'amélioration de la résolution en azimut présentent certains inconvénients. En particulier, l'utilisation de très larges faisceaux d'antennes nécessite l'utilisation de très fortes puissances d'émission, tandis que le mode de spotlight introduit des limitations sur la longueur en azimut des fauchées.

15 Comme il est indiqué dans la littérature, il existe des relations mathématiques qui relient les paramètres des modes de fonctionnement. En particulier, l'échantillonnage d'azimut impose que la fréquence de répétition des impulsions d'émission/réception (PRF) est liée à la taille du faisceau et à la vitesse du capteur SAR (pour plus de détails, se référer à Ref3 Ref5 et Ref6):

$$PRF > \frac{2\alpha v}{L},$$

20 où  $\alpha$  est un paramètre dépendant du niveau d'ambiguïté souhaitée,  $v$  indique la vitesse du capteur SAR et  $L$  indique la longueur physique ou équivalente le long de la direction azimut de l'antenne du capteur SAR.

La valeur de PRF limite l'extension de la zone mesurée (fauchée) dans la gamme (pour plus de détails, se référer à Ref3 Ref5 et Ref6):

$$\Delta R < \left( \frac{1}{PRF} - 2\tau \right) \frac{c}{2},$$

où  $\Delta R$  indique l'extension de la zone mesurée (fauchée) dans la gamme,  $\tau$  indique l'intervalle de temps (ou la durée) de l'impulsion émise et  $c$  indique la vitesse de la lumière.

30 Afin d'exploiter, au maximum les capacités d'un système SAR, en plus des modes de cartographie par bandes et Spotlight, diverses autres techniques ont été proposées au fil des



ans pour l'utilisation de capteurs SAR. Ces techniques peuvent être regroupées en trois modes principaux:

- mode burst (segment);
- mode division d'espace; et
- 5 • mode division d'angle.

Le mode burst principal est le mode ScanSAR, qui divise le temps en des segments (bursts) synchrones (c'est à dire avec un taux régulier). Une partie de la scène au PRF nominale de l'antenne est acquise dans chaque segment, de telle manière que le spectre de l'azimut est  
 10 correctement échantillonné (pour plus de détails, se référer à Ref3 Ref5 et Ref6), mais pour un temps plus court (et donc un angle delta plus petit). Cette division du temps permet de faire passer le faisceau, dans des segments subséquents, dans d'autres directions afin d'augmenter la fauchée dans la gamme. Dans la pratique, le "temps de l'azimut" est divisé en  $N_b$  segments et une bande différente est acquise à chaque segment. La plus grande contre-  
 15 indication de ce mode est que, en réduisant l'angle delta acquis, la résolution en azimut se détériore. En particulier, la contrainte de la couverture continue qui garantit l'absence de "trous" dans les bandes implique que la meilleure résolution en azimut ne peut pas être inférieure à (meilleure que) une certaine quantité (pour plus de détails, se référer à Ref3 Ref4, Ref5 et Ref6); en particulier, on constate que:

20

$$res_{ScanSar} \geq (N_b + 1)res_{Strip}$$

où  $res_{ScanSar}$  indique la résolution ScanSAR et  $res_{Strip}$  indique la résolution de référence de cartographie par bandes (c'est-à-dire  $L/2$ ).

25 Le mode TOPS (pour plus de détails, se référer à Ref4) est également compté parmi les modes burst; ce mode exploite la capacité de direction azimut et nécessite une direction de balayage opposée à celle du mode de spotlight, c'est à dire comparable à un balayage plutôt qu'à un recentrage. Autrement dit, dans chaque segment, la direction d'azimut initiale garantit que le capteur SAR "regarde" vers l'arrière et puis pointe vers l'avant à la fin du segment.  
 30 Cela garantit que, à la différence du mode ScanSAR classique, chaque cible est illuminée par le motif d'antenne entière, ce qui permet l'égalisation de la réponse radiométrique et les ambiguïtés en azimut. Comme cela se passe avec le mode ScanSAR prescrit, dans le mode

tendent de réduire ces domaines critiques, telles que la technique large fauchée à haute résolution (HRWS), qui prévoit également le partitionnement en altitude afin de "suivre" le faisceau en altitude, augmentant ainsi la directivité et par conséquent la sensibilité du produit. Le but des techniques qui utilisent des modes de division d'angle est similaire à celui des techniques qui utilisent des modes de division d'espace, mais les échantillons supplémentaires sont acquis par échantillonnage dans des directions différentes. En particulier, il y a deux logiques principales : la division angulaire en altitude et la division angulaire en azimut.

La division angulaire en altitude (à l'égard de cela, on peut se référer, par exemple, à la technique Faisceau en Altitude Multiple (MEB) décrite dans Ref4) envisage l'acquisition simultanée avec de multiples systèmes d'antenne/réception et un seul émetteur (avec large fauchée); ou plusieurs émissions directives (pour plus de détails, se référer à Ref3 et Ref4). De cette manière, une pluralité d'acquisitions est obtenue en mode de cartographie par bandes avec des résolutions nominales de l'azimut (environ  $L/2$ ). Pour réduire les problèmes d'ambiguïtés de la gamme, la littérature propose d'observer les faisceaux individuels en altitude.

Au lieu de cela, la division angulaire en azimut (par rapport à cela, on peut se référer, par exemple, à la technique Multi-Faisceaux de Centre Monophasé (SPCMB) décrite dans Ref3) envisage l'émission via un seul faisceau large et la réception simultanée via  $M$  faisceaux étroits. De cette façon, le faisceau large est obtenu (amélioration de la résolution), mais de manière similaire au mode de spotlight, les seuls canaux de réception échantillonnent correctement une partie d'angle différent. Ces canaux seront ensuite recombinaés pendant le traitement afin d'obtenir un angle delta synthétisé  $M$  fois plus grand, améliorant par conséquent la résolution (pour plus de détails, se référer à Ref3 et Ref4). En général, la division angulaire dans les techniques de l'azimut a de nombreux domaines critiques à l'égard du niveau d'ambiguïté ; en effet, l'interaction des lobes latéraux de l'antenne en émission et des antennes simples de réception, augmente le niveau des ambiguïtés.

Dans ce cas également, la plus grande contre-indication des techniques de division angulaires est la complexité ; en fait, ces techniques envisagent l'utilisation simultanée de  $M$  récepteurs et  $M$  "petites" antennes (ou une grande antenne partitionnée en  $M$  sous-blocs) et nécessitent

donc la puissance d'émission élevée pour obtenir une sensibilité adéquate du produit.

Les concepts de division d'espace et d'angle sont bien résumés dans Ref4, dont la section 2 stipule: "Plusieurs propositions résolvent le vaste dilemme de la résolution en azimuth contre  
5 la fauchée large en combinant un récepteur radar multicanal avec un émetteur de petite ouverture éclairant une zone large sur la sol. Les exemples sont le faisceau multiple observable SAR ..., la technique de l'antenne du centre de phase déplacée (DPCA) ..., le système SAR de réseau quadrangle ..., et le système SAR de fauchée large à la haute résolution (HRWS) ".

10

Bien que l'objectif est différent, le mode d'imagerie SAR bidirectionnel (BiDi - pour plus de détails, se référer à Ref1) devrait également être compté parmi les techniques de division de l'angle. En exploitant les lobes de grille azimuth d'une antenne à réseau de phases ou de travailler à des moments différents, ce mode acquiert simultanément deux images différentes:  
15 l'une concernant la scène de l'avant et l'autre relative à l'arrière de la scène. La différence angulaire en azimuth est l'équivalent d'une différence de temps, à savoir une même scène vue à des moments différents, et il est donc possible d'identifier des objets en mouvement dans la scène en comparant les images. Il est important de souligner que cette technique attend des deux acquisitions d'être angulairement séparées en azimuth, c'est à dire, il est impossible de  
20 combiner les données des deux canaux pour reconstruire une image avec une résolution supérieure.

Dans la conclusion de Ref1, il est stipulé: "Les séries court terme BiDi peuvent être utilisées pour le changement et la détection de vitesse. ... Les possibilités du mode d'imagerie BiDi en termes de mesure de la vitesse est l'objet de futurs travaux de recherche. D'autres applications  
25 possibles de BiDi comprennent la mesure de haute précision d'un déplacement longitudinal par l'exploitation des spectres Doppler largement séparés ".

Enfin, bien que la technologie SAR puisse être développée avec différents types d'antenne, celle qui offre la plus grande flexibilité d'utilisation est le type dit "réseau de phase", qui  
30 permet une commutation rapide de la direction d'acquisition. D'autres types d'antenne peuvent être utilisés, tels que celles décrites dans Ref2, par exemple.

4

**OBJETIF ET RESUME DE L'INVENTION**

Le but de la présente invention est de fournir un procédé d'imagerie SAR par cartographie des  
5 bandes qui permet d'observer plusieurs fauchées.

L'objet mentionné ci-dessus est atteint par la présente invention dans la mesure où elle se rapporte à un procédé de formation d'image SAR et un système SAR, tels que définis dans les revendications annexées.

10 En particulier, le procédé de formation d'image SAR conformément à la présente invention comprend la réalisation de N acquisitions SAR en mode de cartographie par bandes des zones de la surface de la Terre au moyen d'un radar à synthèse d'ouverture qui est transporté par une plate-forme aérienne ou satellite et qui comporte une antenne unique, non partitionnée et un récepteur unique couplé à ladite antenne unique non partitionnée, où N est un entier supérieur  
15 à un.

Chaque acquisition SAR en mode de cartographie par bandes est effectuée en utilisant un angle d'observation respectif par rapport à la direction de vol du radar à synthèse d'ouverture, ledit angle d'observation respectif est soit égal à, ou différent des angles d'observation utilisés  
20 pour effectuer les autres N-1 acquisitions SAR en mode de cartographie par bandes.

Chaque acquisition SAR dans le mode de cartographie par bandes est réalisée en utilisant un angle d'altitude respectif par rapport au nadir du radar à synthèse d'ouverture, ledit angle d'altitude respectif étant différent des angles d'altitude utilisés pour réaliser les autres N-1 acquisitions SAR dans le mode de cartographie par bandes, résultant ainsi en ce que chaque  
25 acquisition SAR dans le mode de cartographie par bandes est liée à la fauchée respective de la surface de la Terre qui est différente des fauchées observées via les autres N-1 acquisitions effectuées dans le mode de cartographie par bandes.

En outre, chaque acquisition SAR effectuée en mode de cartographie par bandes comprend les opérations d'émission et de réception radar respectives et qui:

- 30
- sont les temps intercalés, individuellement ou en groupe, avec une seule, ou des groupes d'opérations, d'émission et de réception radar des autres N-1 acquisitions SAR effectuées en mode de cartographie par bandes; et
  - comprend l'émission et la réception des faisceaux radar respectifs dans les directions

- 10 -

d'acquisition respectives qui sont définies par l'angle d'observation respectif et par l'angle d'altitude respectif utilisé pour ladite acquisition SAR en mode de cartographie par bandes, ce qui entraîne que lesdites directions d'acquisition respectives sont parallèles les unes aux autres et ne sont pas parallèles aux directions d'acquisition des autres N-1 acquisitions SAR effectuées en mode de cartographie par bandes.

Le procédé comprend, en outre la génération, sur la base de chaque acquisition SAR effectuée dans le mode de cartographie par bandes, d'images SAR de zones de la fauchée respective, observée via lesdites acquisitions SAR en mode de cartographie par bandes.

10 En particulier, toutes les images SAR générées ont la seule et même résolution en azimut, qui est égale à la moitié de la longueur physique ou équivalente le long de la direction azimut de l'antenne unique, non partitionnée du radar à synthèse d'ouverture.

#### **BREVE DESCRIPTION DES DESSINS**

15 Pour une meilleure compréhension de la présente invention, certains modes de réalisation préférés, donnés à titre d'exemple non limitatif, vont maintenant être décrits avec référence aux dessins ci-joints (qui ne sont pas à l'échelle), où:

- Les figures 1 et 2 montrent schématiquement une géométrie typique d'acquisition des images SAR en mode de cartographie par bandes;
- 20 • Les figures 3 montrent schématiquement une géométrie typique d'acquisition des images SAR en mode de spotlight;
- La figure 4 montre schématiquement un exemple de la logique pour l'acquisition SAR en mode de cartographie par bandes selon un premier aspect de la présente invention;
- Les figures 5 et 6 représentent schématiquement les effets de l'application d'une première
- 25 stratégie d'acquisition dans la réalisation d'une technique d'acquisition SAR en mode de cartographie par bandes selon un deuxième aspect de la présente invention; et
- Les figures 7 et 8 représentent schématiquement les effets de l'application d'une seconde stratégie d'acquisition dans la réalisation de la technique de l'acquisition SAR en mode de cartographie par bandes selon le deuxième aspect de la présente invention.

30

#### **DESCRIPTION DETAILLEE DE MODES DE REALISATION PREFERES DE L'INVENTION**

La description suivante est fournie pour permettre à un expert dans le domaine de réaliser et d'utiliser l'invention. Diverses modifications aux modes de réalisation représentés seront immédiatement évidentes pour les experts et les principes génériques décrits ici peuvent être appliqués à d'autres modes de réalisation et applications sans sortir de la portée de protection de la présente invention.

Ainsi, la présente invention n'est pas destinée à être limitée aux seuls modes de réalisation décrits et représentés ici, mais doit se voir accorder la portée la plus large compatible avec les principes et caractéristiques décrits ici et définis dans les revendications annexées.

La présente invention découle de la perspicacité de la requérante à exploiter la capacité de direction des antennes utilisées dans les capteurs SAR d'une manière non-conventionnelle. La requérante a alors conçu une technique d'acquisition SAR multi-faisceau et multi-temporelle qui exploite les caractéristiques d'émission et de réception d'un capteur SAR en temps partagé.

En particulier, l'idée de base de la présente invention est la division d'une acquisition SAR en mode de cartographie par bandes en  $N$  acquisitions élémentaires en mode de cartographie par bandes (avec  $N > 1$ ) et combiner ces dernières afin d'obtenir  $N$  jeux d'images SAR, dans lesquelles chaque jeu est lié à la fauchée respective (à savoir, on peut observer  $N$  fauchées distinctes avec la même résolution en azimut).

Dans le détail, un premier aspect de la présente invention concerne la réalisation de  $N$  différentes acquisitions SAR en utilisant  $N$  différents angles d'altitude de sorte à observer  $N$  différentes fauchées.

Particulièrement, l'idée sur laquelle est basée ledit premier aspect de la présente invention consiste en la réalisation de plusieurs acquisitions SAR intercalées à un niveau d'intervalle de répétition des impulsions (PRI), qui représente le temps entre deux impulsions émises consécutives, en particulier les acquisitions SAR dans lesquelles la direction d'acquisition d'altitude de l'antenne change avec le niveau PRI. Dans le but de réaliser ceci, une fréquence de répétition d'impulsion (PRF où  $PRF = 1/PRI$ ) est utilisée et qui est  $N$  fois plus grande par rapport à la PRF nominale associée à l'antenne du récepteur SAR utilisé. En revenant

brièvement à la figure 1, pour la clarté de la description, il faut se rappeler que l'angle d'altitude est un angle  $\theta$  entre la direction de pointage  $\sigma$  de l'antenne du récepteur SAR et la direction nadir  $z$  du récepteur SAR.

En augmentant la PRF par un facteur  $N$ , les  $N$  différentes bandes ayant  $N$  fois moins de temps disponibles et par conséquent, en général, elles auront une fauchée réduite par un facteur  $N$ ; cependant, en "ajoutant" les  $N$  différentes fauchées observées ensemble, la taille type de la fauchée du mode en cartographie par bandes est toujours obtenue. Comme les bandes individuelles sont réduites par un facteur  $N$ , il est possible d'utiliser une antenne  $N$  fois plus large en altitude, et par conséquent, l'augmentation de la directivité du produit, c'est-à-dire la sensibilité. En général, l'antenne peut être exploitée de plusieurs façons.

En outre, en augmentant la PRF par un facteur  $N$ ,  $N$  acquisitions en cartographie par bandes peuvent être obtenues, présentant individuellement des PRFs compatibles avec la taille de l'antenne (dans ce mode, les valeurs de l'ambiguïté d'azimut ne sont pas altérées).

Bien que la technique d'acquisition SAR en mode de cartographie par bandes selon le premier aspect mentionné ci-dessus de la présente invention peut être utilisée avec un nombre entier générique  $N$  supérieur à un, par la suite, pour simplifier la description et sans perte de généralité, des exemples seront affichés pour  $N = 2$ , étant entendu que les concepts expliqués ci-après en ce qui concerne le cas  $N = 2$  sont également applicables mutatis mutandis dans le cas d'un entier générique  $N$  supérieur à un.

Pour une meilleure compréhension du second aspect de la présente invention, la figure 4 illustre schématiquement un exemple de la logique pour l'acquisition SAR en mode de cartographie par bandes selon ledit premier aspect de la présente invention dans le cas de  $N = 2$ , et dans le cas de l'application satellite (il est compris que cette logique d'acquisition SAR peut être aussi utilisée avantageusement dans le cas de plateforme aérienne telles que, un aéronef, un drone ou un hélicoptère).

En particulier, la figure 4 (dans laquelle le système de référence cartésien utilisé correspond sensiblement à celui précédemment introduite pour les figures 1 à 3) montre,

- un satellite 30 qui se déplace le long d'une direction de vol  $d$  et est équipé par un capteur SAR (n'est pas montré sur la figure 4 pour la simplicité de l'illustration) est équipé d'une

antenne unique non partitionnée (n'est pas représentée sur la figure 4 pour simplifier l'illustration) qui est couplée à un récepteur unique (n'est pas représenté sur la figure 4 pour simplifier l'illustration), et est associée à une fréquence de répétition d'impulsion nominale donnée  $PRF_{nom}$ .

5

Dans l'exemple représenté sur la figure 4, le capteur SAR est utilisé avec une fréquence de répétition d'impulsion opérationnelle  $PRF_{op}$  double de celle de la fréquence de répétition d'impulsion nominale de l'antenne  $PRF_{nom}$  (c'est à dire,  $PRF_{op} = 2PRF_{nom}$ ), de façon à transmettre des impulsions successives à une distance temporelle  $PRI_{op} = 1/(2PRF_{nom})$ .

10

En particulier, comme représenté sur la figure 4, le capteur SAR sur le satellite 30 effectue une série de premières acquisitions SAR utilisant un premier angle d'altitude et une série de secondes acquisitions SAR utilisant un second angle d'altitude, dans laquelle lesdites premières et secondes acquisitions SAR sont intercalées à un niveau PRI (à savoir, la première acquisition SAR s'alterne toujours avec une seconde acquisition SAR) et lesdits

15

premier et second angle d'altitude sont différent entre eux. En d'autres termes, la première acquisition SAR est réalisée en utilisant le premier angle d'altitude, alors, à une distance temporelle  $PRI_{op}=1/PRF_{op}=1/(2PRF_{nom})$ , une seconde acquisition SAR est réalisée en utilisant le second angle d'altitude, toujours à une distance temporelle  $PRI_{op}=1/PRF_{op}=1/(2PRF_{nom})$ , une première acquisition SAR est réalisée encore une fois en utilisant le premier angle

20

d'altitude et ainsi de suite, toujours en alternant l'exécution de la première acquisition SAR avec l'exécution de la seconde acquisition SAR tout en séparant les différentes acquisitions par une période de temps  $PRI_{op}=1/PRF_{op}=1/(2PRF_{nom})$ . Dans ce sens, le capteur SAR sur le bord du satellite 30 est capable d'observer deux fauchées distinctes (tel que le montre la figure 4).

25

Il est important de noter que les acquisitions qui concernent la même fauchée sont effectuées avec la fréquence de répétition d'impulsion nominale  $PRF_{nom}$  de l'antenne, c'est-à-dire les premières acquisitions SAR sont effectuées avec la fréquence de répétition d'impulsion nominale  $PRF_{nom}$  de l'antenne et les secondes acquisitions SAR sont aussi effectuées par la fréquence de répétition d'impulsion nominale  $PRF_{nom}$  de l'antenne. Dans ce sens, les valeurs

30

d'ambiguïté de l'azimut sont altérées.



Encore en général, puisque la fréquence de répétition d'impulsion opérationnelle  $PRF_{op}$  utilisée est N fois (deux fois par exemple dans la figure 4,) plus grande que la  $PRF_{nom}$  requise/nominale, les acquisitions individuelles posséderont des PRF nominales, et par conséquent, tous les paramètres de qualité du produit ne seront pas altérés.

- 5 Pour toutes ces intentions et tous ces objectifs, la technique de l'acquisition SAR en mode de cartographie par bandes selon le premier aspect de la présente invention, permet la séparation de la fauchée dans la gamme en N fauchées de taille réduite (approximativement  $1/N$ ) sans que les autres paramètres ne soient altérés, comme par exemple la résolution en azimut.
  
- 10 Toutes les N acquisitions SAR peuvent être effectuées en utilisant le même angle d'observation, ou chaque acquisition SAR peut être effectuée en utilisant un angle d'observation respectif différent de celui utilisé pour effectuer les autres N-1 acquisitions SAR, de telle sorte à obtenir, pour chaque acquisition, un temps d'intégration égal à temps standard de la cartographie par bandes.
  
- 15 Par conséquence, la technique d'acquisition SAR en mode de cartographie par bandes selon le premier aspect de la présente invention permet de servir deux (ou N dans le cas générique) utilisateurs qui s'intéressent aux zones d'extension moyenne et séparées les unes des autres dans le plan d'altitude. Avec la technique de cartographie par bandes traditionnelle, ces demandes seraient en conflit et par conséquent, ne seraient pas possible de les servir
  
- 20 simultanément.

Afin de ne pas altérer les paramètres de qualité de l'image, la PRF utilisée avec la technique selon le premier aspect de la présente invention est supérieure à fréquence naturelle de l'antenne. En augmentant la PRF, les fauchées dans la gamme où elles peuvent être acquises

25 sont plus petites. Ainsi, un second aspect de la présente invention concerne une technique d'acquisition SAR en mode de cartographie par bandes qui n'utilise pas une PRF augmentée, ou en tout cas n'est pas augmentée par un facteur de N, de manière à contrôler les effets sur le produit et gère la dégradation induite.

- 30 En particulier, ledit deuxième aspect de la présente invention concerne ce qui est appelée une technique de cartographie par bandes en mode burst qui n'est pas intercalée au niveau PRI, c'est à dire où les N acquisitions de cartographie par bandes ne sont pas effectuées en faisant

- 15 -

varier la direction d'acquisition en altitude de l'antenne au niveau PRI, mais en faisant varier la direction d'acquisition en altitude de l'antenne dans des blocs PRI.

5 Plus précisément, le deuxième aspect de la présente invention concerne une technique de cartographie par bandes en mode burst dans lequel les N acquisitions de cartographie par bandes sont réalisées sans augmenter la PRF et en faisant varier la direction d'acquisition en altitude de l'antenne, c'est-à-dire l'angle d'altitude utilisé, en blocs PRI.

10 La technique de cartographie par bandes en mode burst avec PRF non augmentée et la variation de l'angle d'altitude selon le deuxième aspect de la présente invention permet d'étendre la fauchée dans la gamme, et même jusqu'à la doubler.

Afin de diviser l'acquisition en deux (N dans le cas générique) et en supposant que l'utilisation du PRF nominale naturelle de l'antenne utilisée, des "trous" sont introduits dans le système d'acquisition. Si ces trous ne possèdent pas les caractéristiques périodiques, l'effet sera une augmentation distribuée de tous les lobes latéraux, c'est à dire le paramètre ISLR (Ratio du Lobe Latéral Intégré) se détériore, mais le PSLR (Ratio du Lobe Latéral Pic). Vice versa, en utilisant des motifs d'exécution périodiques pour deux (N dans le cas générique) types d'acquisition, les échos pairs dans une position connue sont créés. Selon les besoins, différentes solutions peuvent être choisies et ensuite un motif donné sera appliqué dans la logique d'acquisition. Comme un certain nombre inférieur d'échantillons sera intégré, le produit aura un paramètre de NESZ (Bruit Equivalence Sigma Zéro) réduit.

15  
20

A titre d'exemple, les figures 5 et 6 montrent les effets de l'application d'un motif d'exécution périodique des N types d'acquisition avec la technique de cartographie par bandes en mode burst avec une PRF non augmentée selon le deuxième aspect de la présente invention, tandis que les figures 7 et 8 montrent les effets de l'application d'un motif d'exécution aléatoire des N types d'acquisition avec la technique de cartographie par bandes en mode burst avec une PRF non augmentée selon le deuxième aspect de la présente invention.

25

30

Par rapport à la technique selon le premier aspect de la présente invention, la technique selon le deuxième aspect introduit moins de contraintes technologiques parce que la commutation

du faisceau d'antenne a lieu à une fréquence beaucoup plus faible.

En résumant brièvement, la présente invention concerne :

- l'utilisation d'une PRF augmentée par un facteur de N et l'utilisation intercalée de N angles d'altitude différents au niveau PRI pour observer N fauchées séparées avec la même résolution en azimut (en particulier, chacune des N fauchées est observée avec la résolution en azimut nominale du mode traditionnel de la cartographie en bande, (c'est-à-dire  $L/2$ )); et
  - l'utilisation d'une PRF non augmentée et l'utilisation de la segmentation de N différents angles d'altitude pour étendre la fauchée dans la gamme par un facteur de N (c'est-à-dire permettre l'observation de N fauchées, où chacune a une taille comparable à celles des fauchées observées à travers les acquisitions en mode conventionnel de cartographie par bandes) avec la résolution en azimut (en particulier, chaque fauchée est observée avec la résolution en azimut nominale du mode traditionnel de cartographie par bandes (c'est-à-dire  $L/2$ )).
- Il est important de mentionner que le fait que la présente invention permet d'effectuer N acquisitions "continues" en cartographie par bandes (c'est-à-dire avec des temps d'intégration égaux à ceux du mode traditionnel de cartographie par bandes), et par conséquent l'obtention, pour chaque fauchée, la résolution en azimut nominale maximale du mode traditionnel de cartographie par bandes (c'est-à-dire  $L/2$ ); en particulier, selon le premier aspect de la présente invention, chaque acquisition est effectuée avec la PRF nominale de l'antenne du capteur SAR utilisé.

En conclusion, la présente invention exploite les logiques d'acquisition multi-faisceau qui permettent d'acquérir simultanément des zones qui ne sont pas contiguës dans la direction orthogonale de la direction du vol du capteur SAR, à l'inverse des techniques traditionnelles de spotlight et de cartographie par bandes qui, au contraire, ne permettent pas d'observer simultanément plusieurs fauchées.

La présente invention concerne donc non seulement l'augmentation de la gamme de produits pour les systèmes déjà produits, mais, surtout, l'introduction d'une nouvelle méthodologie pour la conception de nouveaux systèmes SAR.

Enfin, après avoir comparé la présente invention avec les modes Spotlight et cartographie par bandes traditionnels, les principales différences par rapport aux techniques connues de génération d'image SAR de haute résolution à large fauchée décrites précédemment vont maintenant être décrites en détail.

5

En particulier, contrairement à la présente invention, les techniques burst (par exemple ScanSAR et TOPS) prévoient une détérioration de la résolution en azimuth afin d'augmenter la fauchée dans la gamme.

10 Contrairement à la présente invention, qui fonctionne avec un canal de réception unique (c'est à dire avec un récepteur unique), les techniques de division d'espace (par exemple DPC et HRWS) et celles de division d'angle (par exemple MEB et SPCMB) envisagent l'utilisation de M systèmes de suivi pour réception simultanée et également envisagent l'utilisation d'une petite antenne (typiquement, une antenne est divisée en M antennes plus petites).

15

Le mode BiDi décrit dans Ref1 a un objectif différent, qui est l'identification de la Cible en Mouvement (MTI) et par conséquent, n'a pas l'objectif d'observer plusieurs fauchées dans la gamme. En outre, la géométrie d'acquisition est différente de celle de la présente invention;  
20 les ouvertures de faisceaux actuellement prennent place sur le plan en azimuth et non pas en plan d'altitude.

En outre, il convient également de noter que la Ref2 a une logique de mise en œuvre au niveau de l'antenne et non en tant que logique d'acquisition de la présente invention. En outre,  
25 comme on peut le déduire de la figure 3 de la Ref2, les acquisitions sont séparées par un espace significatif à l'égard de la fauchée de l'antenne et elles ont des caractéristiques de répétabilité. Les segments ne garantissent pas l'échantillonnage continu du spectre de l'azimuth avec la fréquence naturelle (PRF) de l'antenne, c'est à dire il n'y a pas de continuité temporelle dans les segments au sujet d'une même fauchée et donc, contrairement à ce qui est prévu par  
30 la présente invention, la meilleure résolution en azimuth réalisable est pire que la valeur nominale du mode de cartographie par bandes (c'est à dire  $L/2$ ). En particulier, la géométrie représentée sur la figure 3 de la Ref2 est typique du mode ScanSAR, qui, telle que

mentionnée juste avant, permet d'observer plusieurs fauchées, mais avec des résolutions en azimuth médiocres par rapport à la résolution nominale du mode de cartographie par bandes (c'est-à-dire  $L/2$ ) et par conséquent, médiocres par rapport à celles obtenues par les variables fauchées de la présente invention.

5

Enfin, il convient également de noter que la section 5 de la Ref3 présente aussi le mode ScanSAR, c'est à dire un mode qui acquiert des sous-fauchées multiples dans une gamme avec des segments qui ne sont pas contigus dans le temps. Les segments sont séquentiels et de durée plus courte par rapport à ceux pouvant être obtenus en mode de cartographie par bandes, et par conséquence, contrairement à ce qui est prévu par la présente invention, il y a  
10 une dégradation de la résolution en azimuth par rapport à la résolution nominale du mode de cartographie par bandes (à savoir  $L/2$ ). En outre, la figure 10 de la Ref3 ne montre pas la logique d'acquisition, mais seulement décrit les valeurs de la PRF qui peuvent être choisies en fonction de la distance de la scène. En particulier, selon ce que montre la figure 10 de la Ref3,  
15 des segments synchrones et espacés sont prévus sur les zones individuelles dans la gamme, forçant ainsi la dégradation de la résolution en azimuth. En outre, la figure 8 de la Ref3 illustre le mode traditionnel ScanSAR qui, comme indiqué précédemment, qui permet d'observer plusieurs fauchées, mais avec une résolution en azimuth médiocre par rapport à la résolution nominale du mode en cartographie par bandes (c'est-à-dire  $L/2$ ) et, par conséquence,  
20 médiocre par rapport à celles obtenues pour les multiples fauchées de la présente invention.

25

En conclusion, il est clair que diverses modifications peuvent être apportées à la présente invention sans sortir de la portée de l'invention, telle que définie dans les revendications annexées.

**REVENDEICATIONS**

1. Procédé de formation d'image SAR comprenant la réalisation de N acquisitions SAR en mode de cartographie par bandes des zones de la surface de la Terre au moyen d'un radar à synthèse d'ouverture qui est transporté par une plate-forme aérienne ou satellite (30), et qui comprend une antenne unique non partitionnée et un récepteur unique couplé à ladite antenne unique non partitionnée, N étant un nombre entier supérieur à un;
- 5 où l'antenne unique non partitionnée du radar à synthèse d'ouverture est associée à une fréquence nominale de répétition des impulsions;
- 10 dans lequel chaque acquisition SAR en mode de cartographie par bandes est effectuée en utilisant un angle d'observation respectif par rapport à la direction de vol du radar à synthèse d'ouverture, ledit angle d'observation respectif étant égal à, ou différent des angles d'observation utilisés pour effectuer les autres N-1 acquisitions SAR en mode de cartographie par bandes;
- 15 dans lequel chaque acquisition SAR en mode de cartographie par bandes est effectuée en utilisant un angle d'altitude par rapport au nadir du radar à synthèse d'ouverture, ledit angle d'altitude respectif étant différent des angles d'altitude utilisés pour effectuer les N-1 acquisitions SAR dans le mode de cartographie par bandes, et par conséquent, il en résulte que chaque acquisition SAR dans le mode de cartographie par bandes est relative à la fauchée respective de la surface de la Terre qui est différente des fauchées observées à travers les autres N-1 acquisitions SAR du mode de cartographie par bandes;
- 20 et dans lequel chaque acquisition SAR effectuée en mode de cartographie par bandes comprend les opérations d'émission et de réception radar respectives qui:
- sont intercalées dans le temps, individuellement ou en groupe, avec un seul, ou des groupes d'opérations, d'émission et de réception radar des autres N-1 acquisitions SAR en mode de cartographie par bandes effectuées;
  - comprennent l'émission et la réception des faisceaux radar respectifs dans les directions d'acquisition respectives qui sont définies par l'angle d'observation respectif, et par l'angle d'altitude respectif utilisé pour ladite acquisition SAR en mode de cartographie par bandes, ce qui entraîne que lesdites directions d'acquisition respectives sont parallèles les unes aux autres et ne sont pas parallèles aux directions d'acquisition des autres N-1 acquisitions SAR en mode de cartographie par bandes effectuées;
- 30 Où les opérations d'émission et de réception radar sont effectuées en :
- utilisant une fréquence de répétition opérationnelle qui est augmentée par un facteur de N par rapport à la fréquence nominale de répétition des impulsions ; ou

- l'utilisation séquentielle des N différents angles d'élévation pour élargir l'éventail dans une série par un facteur de N ; le procédé comprenant en outre la génération, sur la base de chaque acquisition SAR dans le mode de cartographie par bandes effectuée, des images SAR de zones de la fauchée respective observée à travers lesdites acquisitions SAR dans le mode de cartographie par bandes;  
5 dans lequel toutes les images SAR générées ont une et même résolution en azimut qui est égale à la moitié de la longueur physique ou équivalente le long de la direction azimut de l'antenne unique, non partitionnée du radar à synthèse d'ouverture.
- 10 2. Le procédé selon la revendication 1 dans lequel les opérations d'émission et de réception radar respectives de chaque acquisition SAR effectuée en mode de cartographie par bandes sont individuellement intercalées dans le temps avec des opérations d'émission et de réception radar uniques des autres N-1 acquisitions SAR en mode de cartographie par bandes effectuées; et dans lequel les opérations d'émission et de réception radar sont effectuées avec une fréquence de  
15 répétition opérationnelle égale à N fois la valeur nominale de la fréquence de répétition des impulsions de sorte que chacune des N acquisitions SAR en mode de cartographie par bandes est effectuée avec la fréquence nominale de répétition des impulsions.
- 20 3. Le procédé selon la revendication 1 dans lequel les opérations d'émission et de réception de radar respectives de chaque acquisition SAR effectuées en mode de cartographie par bandes sont intercalés dans le temps, en groupe, avec des groupes d'opérations d'émission et de réception de radar des autres N-1 acquisitions SAR en mode de cartographie par bandes effectuées; et dans lequel les opérations d'émission et de réception de radar sont effectuées avec une fréquence de  
25 répétition opérationnelle comparable à la fréquence nominale de répétition des impulsions.
- 4. Le procédé selon la revendication 3, dans lequel les groupes d'opérations d'émission et de réception du radar des différentes N acquisitions en mode de cartographie par bandes sont intercalés dans le temps selon un motif d'intercalé périodique ou aléatoire.
- 30 5. Un système de radar à synthèse d'ouverture qui :
  - comprend une antenne unique, non-partitionnée et un récepteur unique couplé à ladite antenne unique, non-partitionnée;et

- est configuré pour réaliser le procédé de formation d'image SAR revendiqué dans n'importe quelle revendication des revendications précédentes.



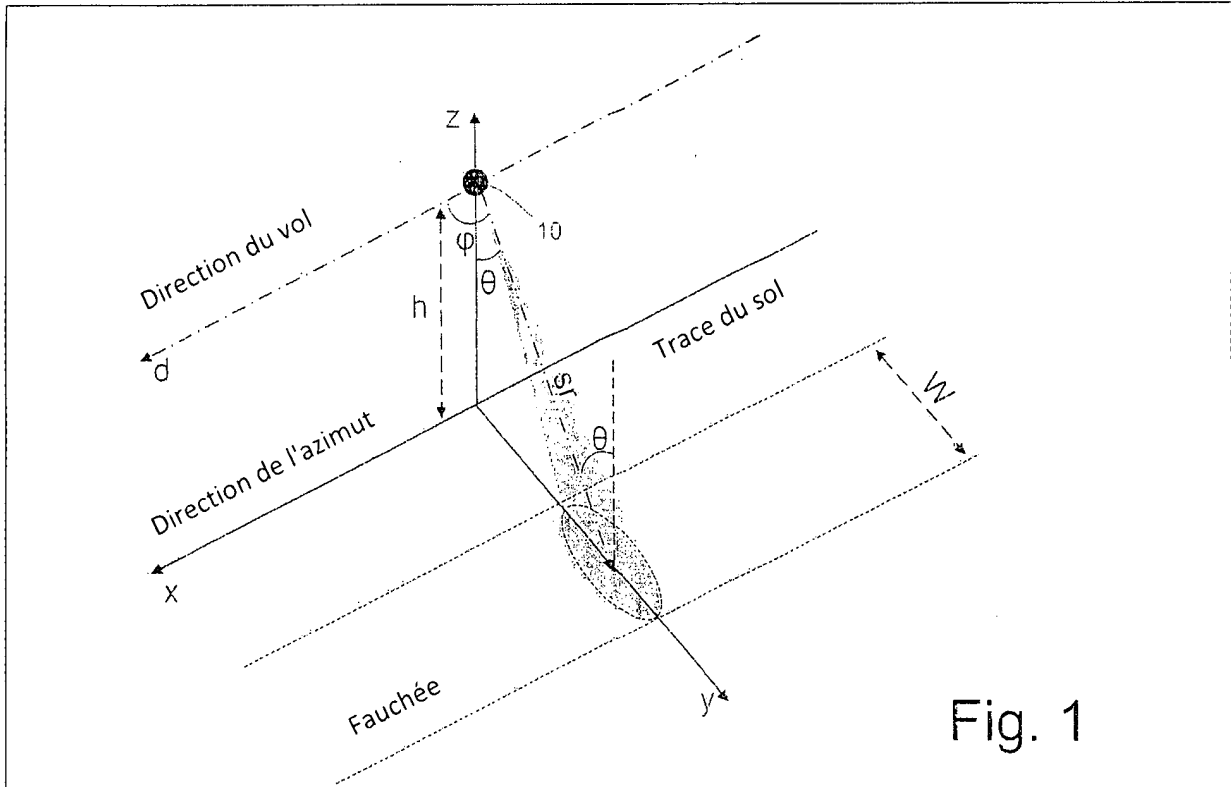


Fig. 1

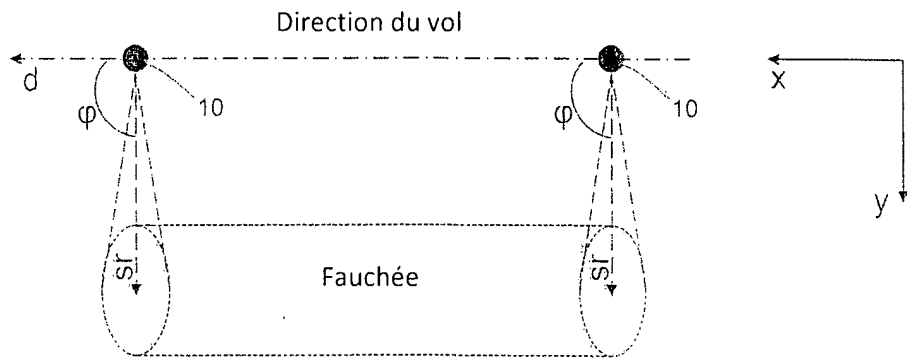


Fig. 2

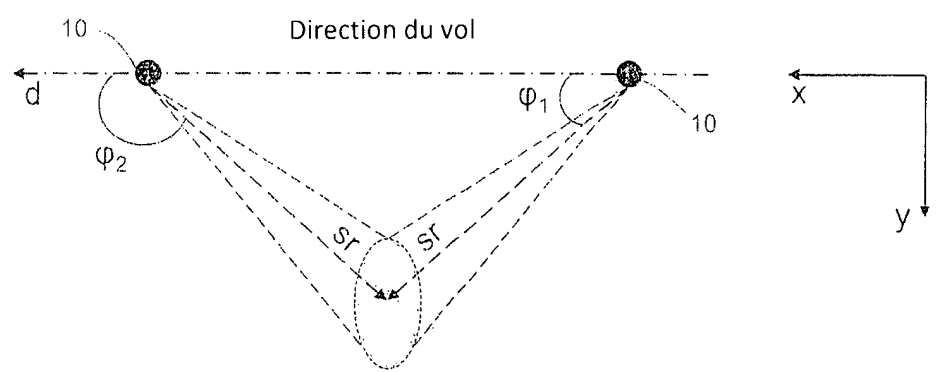


Fig. 3

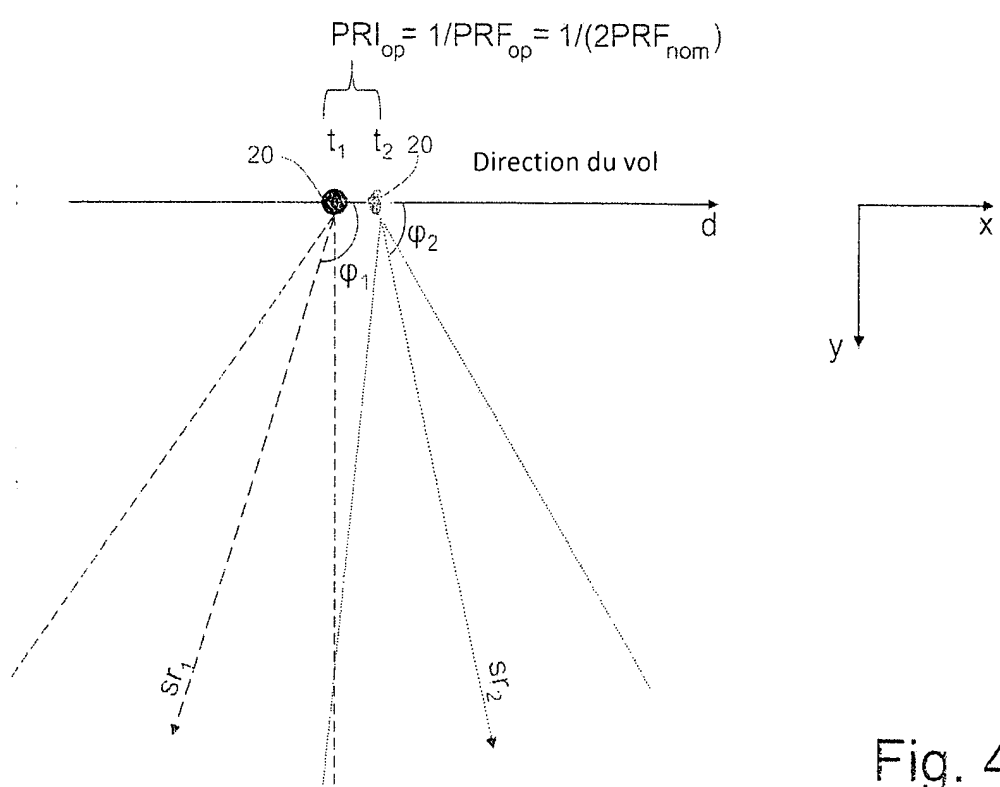
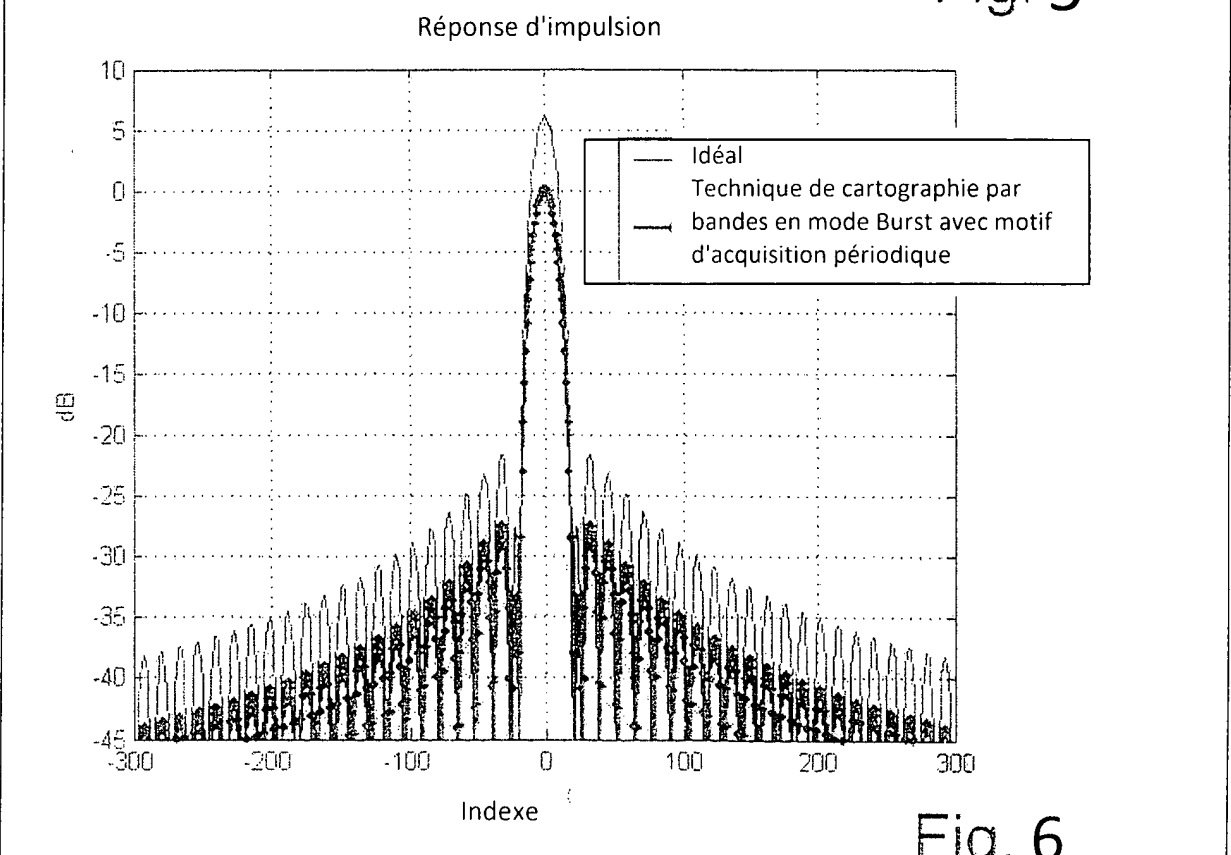
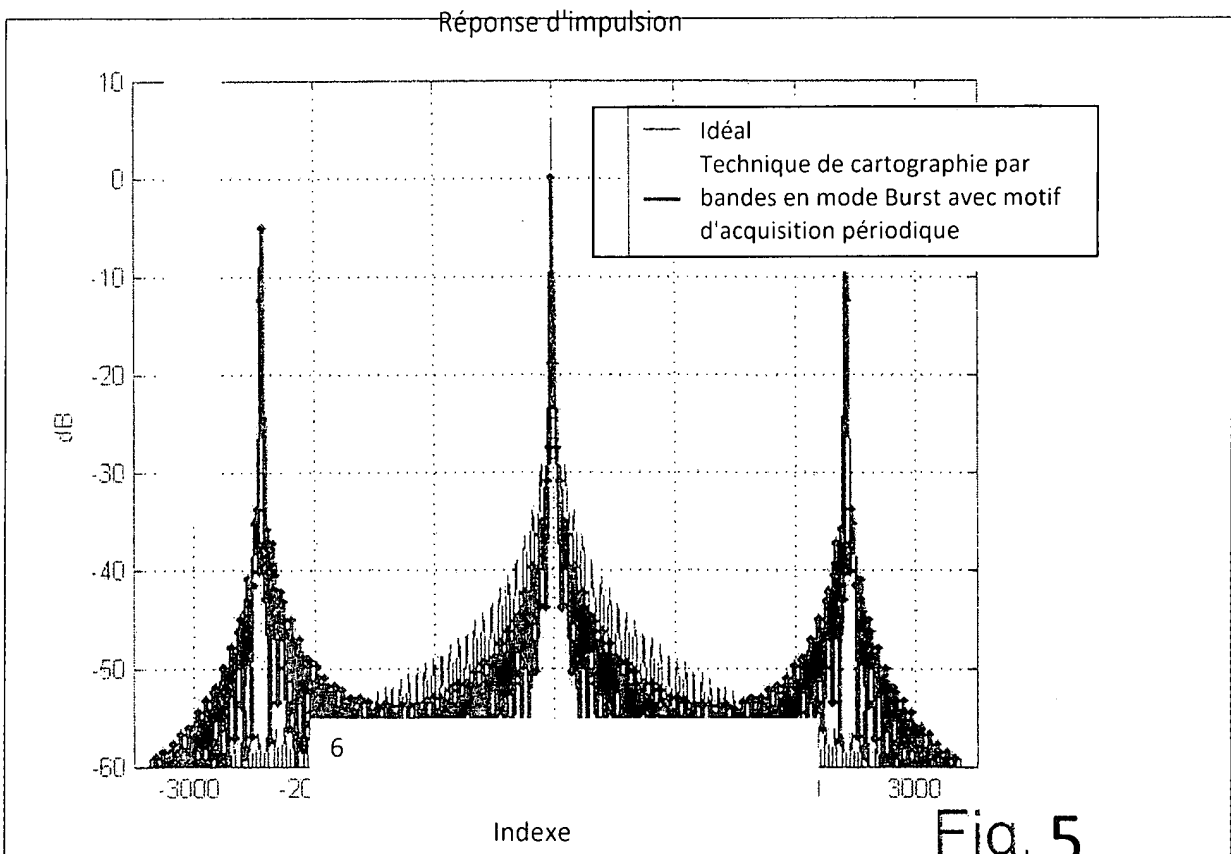
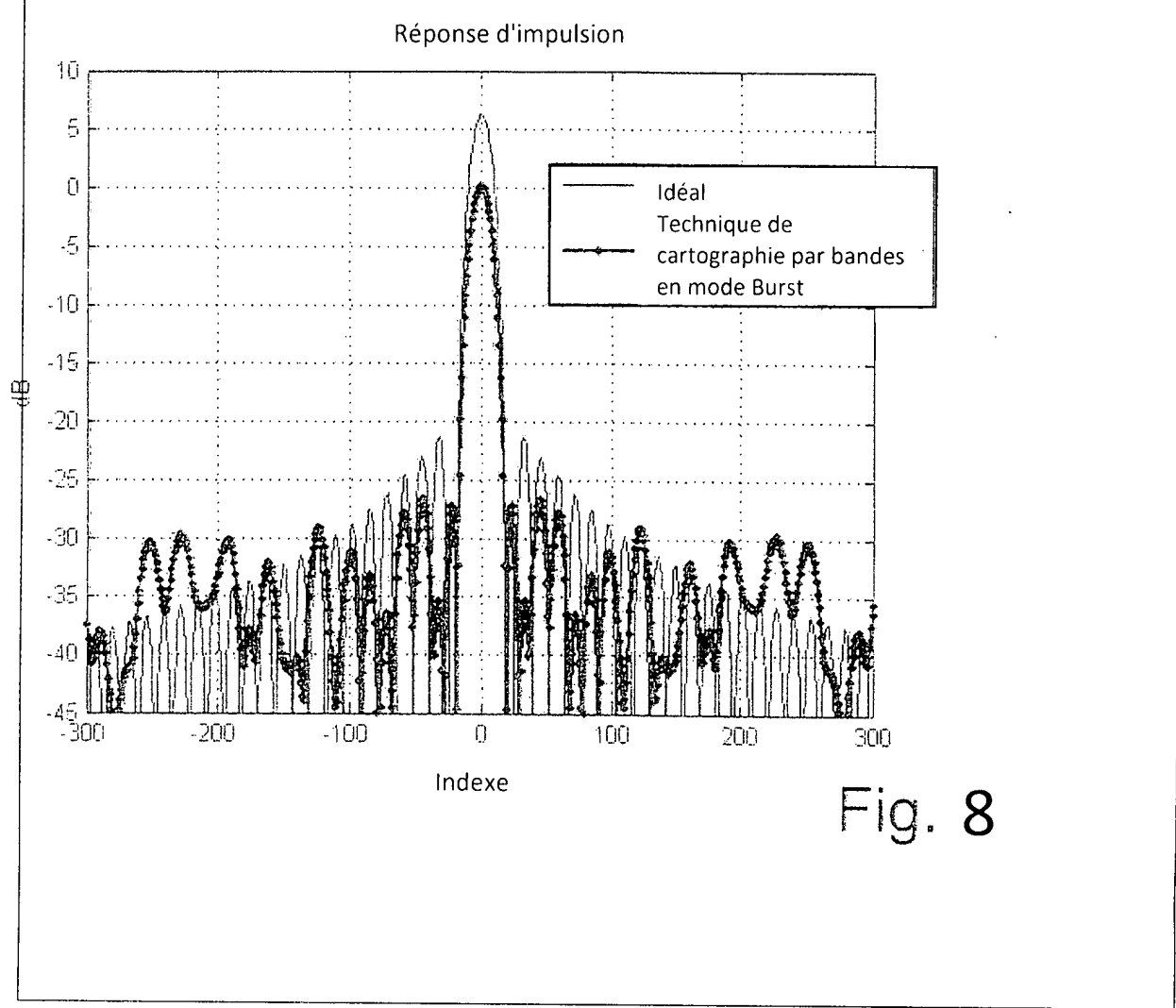
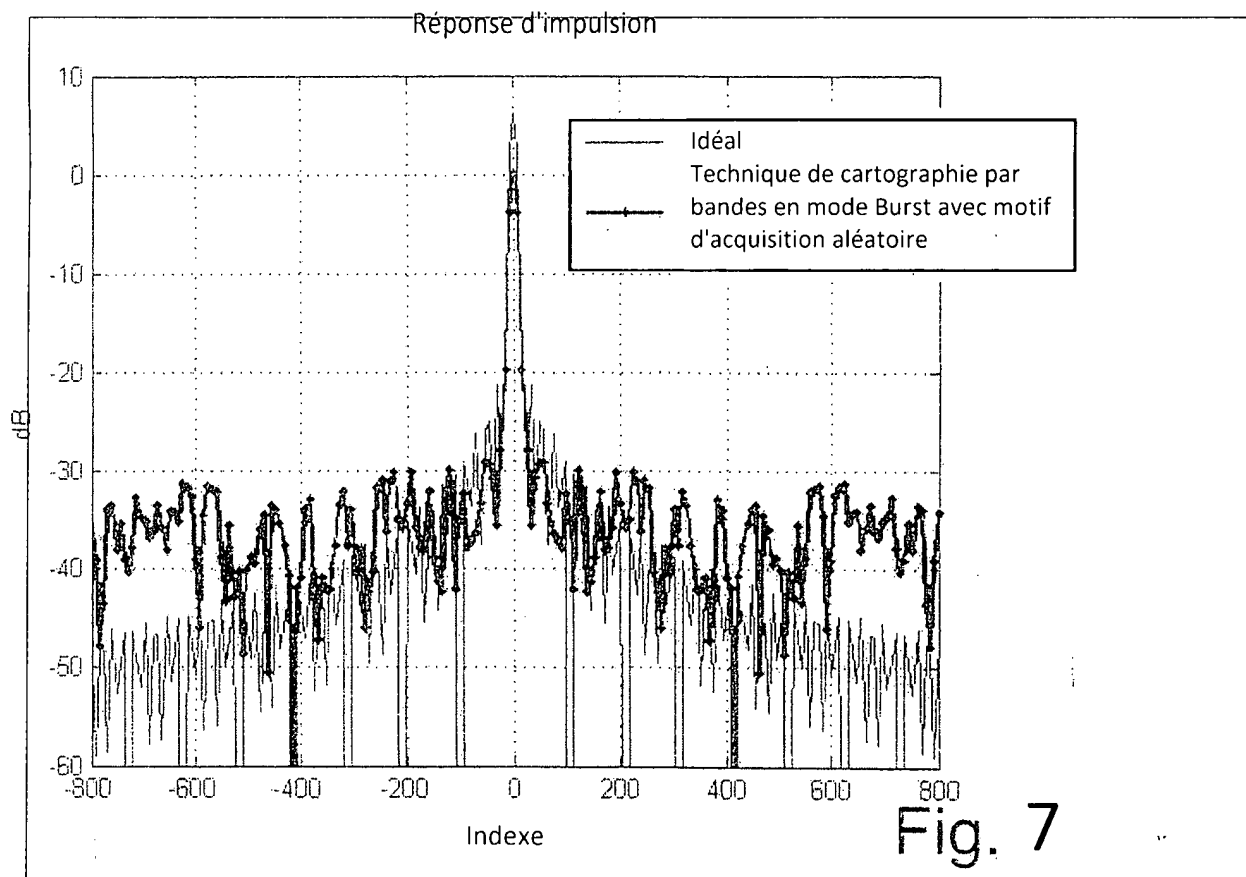


Fig. 4





ROYAUME DU MAROC  
\*\*\*\*\*  
OFFICE MAROCAIN DE LA PROPRIÉTÉ  
INDUSTRIELLE ET COMMERCIALE  
\*\*\*\*\*



المملكة المغربية  
-----  
المكتب المغربي  
للملكية الصناعية والتجارية  
-----

**RAPPORT DE RECHERCHE DEFINITIF AVEC OPINION  
SUR LA BREVETABILITE**

*Établi conformément à l'article 43.2 de la loi 17-97 relative à la  
protection de la propriété industrielle telle que modifiée et  
complétée par la loi 23-13*

**Renseignements relatifs à la demande**

N° de la demande : 38366

Date de dépôt : 08/02/2014;

Date d'entrée en phase nationale : 01/09/2015 ;

Déposant : THALES ALENIA SPACE ITALIA S.P.A.  
CON UNICO SOCIO

Date de priorité: 08/02/2013 ;

Intitulé de l'invention : IMAGERIE SAR DE CARTOGRAPHIE PAR BANDES À FAUCHÉE MULTIPLE

**Classement de l'objet de la demande :**

CIB : G 01S 13/90

Le présent rapport contient des indications relatives aux éléments suivants :

Partie 1 : Considérations générales

- Cadre 1 : Base du présent rapport  
 Cadre 2 : Priorité

Partie 2 : Opinion sur la brevetabilité

- Cadre 3 : Observations à propos de revendications modifiées qui s'étendent au-delà du contenu de la demande telle qu'initialement déposée  
 Cadre 4 : Déclaration motivée quant à la Nouveauté, l'Activité Inventive et l'Application Industrielle  
 Cadre 5 : Défaut d'unité d'invention

Examineur: F.Belafkih

Date d'établissement du rapport : 27/12/2016

Téléphone: (+212) 5 22 58 64 14

**Partie 1 : Considérations générales****Cadre 1 : base du présent rapport**

Les pièces suivantes servent de base à l'établissement du présent rapport :

- Demande telle qu'initialement déposée
- Demande modifiée suite à la notification du rapport de recherche préliminaire :
  - Revendications  
1-5
- Observations à l'appui des revendications maintenues
- Observations des tiers suite à la publication de la demande
- Réponses du déposant aux observations des tiers
- Nouveaux documents constituant des antériorités :
  - Suite à la recherche complémentaire (Couvrant les documents de l'état de la technique qui n'étaient pas disponibles à la date de la recherche préliminaire)
  - Suite à la recherche additionnelle (couvrant les éléments n'ayant pas fait l'objet de la recherche préliminaire)

**Partie 2 : Opinion sur la brevetabilité****Cadre 4 : Déclaration motivée quant à la Nouveauté, l'Activité Inventive et l'Application Industrielle**

Nouveauté (N)	Revendications 1-5	Oui
	Revendications aucune	Non
Activité inventive (AI)	Revendications 1-5	Oui
	Revendications aucune	Non
Possibilité d'application Industrielle (PAI)	Revendications 1-5	Oui
	Revendications aucune	Non

**1. Nouveauté (N) et Activité inventive (AI) :**

L'objet de la revendication 1 est nouveau et implique une activité inventive au sens des articles 26 et 28 de la loi 17-97 modifiée et complétée par la loi 23-13.

En effet, le document D1 qui est considéré comme l'état de la technique le plus proche de l'objet de la revendication 1 décrit un procédé de formation d'image SAR:

- comprenant la réalisation de N acquisitions SAR en mode de cartographie par bandes des zones de la surface de la Terre au moyen d'un radar à synthèse d'ouverture (D1 : Figure 8) qui est transporté par une plateforme aérienne ou satellite (D1 :Page 131, I.4), et qui comprend une antenne unique non partitionnée et un récepteur unique couplé à ladite antenne unique non partitionnée , N étant un nombre entier supérieur à un (D1 : Figure 8) ;

- Dans lequel chaque acquisition SAR en mode de cartographie par bandes est effectuée en utilisant un angle d'observation respectif par rapport à la direction de vol du radar à synthèse d'ouverture, ledit angle d'observation respectif étant égale à, ou différent des angles d'observation utilisés pour effectuer les N-1 acquisitions SAR en mode de cartographie par bandes (D1 : Figure 8) ;
- Dans lequel chaque acquisition SAR en mode de cartographie par bandes est effectuée en utilisant un angle d'altitude par rapport au nadir du radar à synthèse d'ouverture, ledit angle d'altitude respectif étant différent des angles d'altitude utilisés pour effectuer les N-1 acquisitions SAR en mode de cartographie par bandes, et par conséquent, il en résulte que chaque acquisition SAR dans le mode de cartographie par bandes est relative à la fauchée respective de la surface de la Terre qui est différente des fauchées observées à travers les autres N-1 acquisitions SAR du mode de cartographie par bandes (D1 : Figure 8) ;
- Et dans lequel chaque acquisition SAR effectuée en mode de cartographie par bandes comprend les opérations d'émission et de réception radar respectives qui :
  - Sont intercalés dans le temps, individuellement ou en groupe, avec un seul, ou des groupes d'opérations, d'émission et de réception radar des autres N-1 acquisitions SAR en mode de cartographie par bandes effectuées (D1 : Figure 8) ; et
  - Comprenant l'émission et la réception des faisceaux radar respectifs dans les directions d'acquisition respectives qui sont définies par l'angle d'observation respectif, et par l'angle d'altitude respectif utilisé pour ladite acquisition SAR en mode de cartographie par bandes, ce qui entraîne que lesdites directions d'acquisition respectives sont parallèles les unes aux autres et ne sont pas parallèles aux directions d'acquisition des autres N-1 acquisitions SAR en mode de cartographie par bandes effectuées (D1 : Figure 8) ;

Le procédé comprenant en outre la génération, sur la base de chaque acquisition SAR dans le mode de cartographie par bandes effectuée, des images SAR de zone de la fauchée respective observée à travers lesdites acquisitions SAR dans le mode de cartographie par bandes (D1 : Section 5.4) ; dans lequel toutes les images SAR générées ont une même résolution en azimut (D1 : Section 5.1).

Par conséquent, l'objet de la revendication 1 diffère de D1 par :

- Toutes les images SAR générées ont une même résolution en azimut qui est égale à la moitié de la longueur physique ou équivalente le long de la direction azimut de l'antenne unique, non partitionnée du radar à synthèse d'ouverture.

Ainsi l'objet de la revendication 1 est nouveau au sens de l'article 26 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.

Le problème technique que la présente demande tente de résoudre est comment améliorer la résolution des images SAR générées par le procédé de D1.

La solution proposée par la présente demande peut être considérée comme impliquant une activité inventive au sens de l'article 28 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13. En effet, le document D1 ne comporte aucune incitation à garder une même résolution en azimut durant le ScanSAR.

De plus, aucun des documents de l'état de la technique cités ne divulgue cette solution.

L'objet des revendications dépendantes 2-5, en tant que telles, est également nouveau et implique une activité inventive.

**2. Possibilité d'application industrielle (PAI) :**

L'objet de la présente invention est susceptible d'application industrielle au sens de l'article 29 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13, parce qu'il présente une utilité déterminée, probante et crédible