

19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

11) N° de publication : **2 912 502**  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

21) N° d'enregistrement national : **07 01029**

51) Int Cl<sup>8</sup> : **G 01 C 21/00 (2006.01), B 64 D 45/00**

12)

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22) Date de dépôt : 13.02.07.

30) Priorité :

43) Date de mise à la disposition du public de la demande : 15.08.08 Bulletin 08/33.

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

60) Références à d'autres documents nationaux apparentés :

71) Demandeur(s) : *THALES Société anonyme* — FR.

72) Inventeur(s) : SALLIER AURELIE, PERCIER JULIA et MARTY NICOLAS.

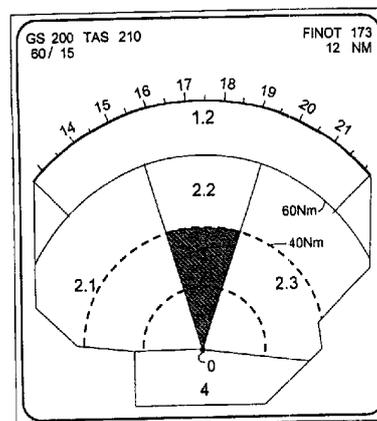
73) Titulaire(s) :

74) Mandataire(s) : MARKS & CLERK FRANCE.

54) **PROCEDE DE TRAITEMENT TEMPS REEL DE DONNEES TOPOGRAPHIQUES DANS UN AERONEF, EN VUE DE LEUR AFFICHAGE.**

57) Le domaine de l'invention est celui de l'affichage sous forme cartographique de la zone d'évolution sur un écran d'un aéronef, et plus particulièrement un procédé de traitement temps réel de données topographiques de cette zone d'évolution d'un aéronef, basé sur un calcul de radiales (R) centrées sur un point de référence (O) définissant un secteur angulaire de données topographiques.

Selon l'invention, le procédé comprend un découpage de la zone d'évolution à cartographier en une pluralité de tronçons de secteur angulaire, formant chacun une zone élémentaire (3), et une attribution d'une priorité de traitement et d'une fréquence de rafraîchissement propres à chaque zone élémentaire définies en fonction d'un critère d'intérêt opérationnel dudit élément pour l'aéronef.



FR 2 912 502 - A1



**PROCÉDÉ DE TRAITEMENT TEMPS RÉEL DE DONNÉES  
TOPOGRAPHIQUES DANS UN AÉRONEF, EN VUE DE LEUR  
AFFICHAGE**

La présente invention concerne un procédé de traitement de données topographiques temps réel dans un aéronef en vue d'un affichage graphique de type cartographique. Il s'applique tout particulièrement à l'affichage de données sur des écrans à bord de l'aéronef, dans les systèmes d'aide à la navigation embarqués.

On entend par données topographiques, ou géographiques des données que l'on peut présenter sous forme de cartographie, et qui correspondent à une mesure d'une grandeur de type altitude absolue ou relative, une information de type météorologique (pression atmosphérique par exemple) ou toute autre information similaire.

Les systèmes d'aide à la navigation embarqués dans les aéronefs comprennent aujourd'hui de façon courante ou obligatoire des systèmes d'avertissement de risques de collision avec le sol tel que le système TAWS ("*Terrain Awareness and Warning System*"), qui permettent de réduire de façon drastique le taux d'accidents. Différents produits de type TAWS sont proposés sur le marché tels que le système EGPWS (*Enhanced Ground Proximity Warning System*) commercialisé par la société Honeywell ou encore le système T<sup>2</sup>CAS commercialisé par la société THALES en collaboration avec la société L-3 communications. D'une manière générale, ces systèmes ont pour fonction principale de signaler la nécessité de modifier la trajectoire de l'aéronef à plus ou moins court terme, pour éviter une collision avec le relief ou des obstacles au sol, ou la pénétration d'une zone interdite de survol. Ils utilisent à ces fins un algorithme de prédiction de collision au sol en fonction d'un environnement "terrain" ou géographique de l'aéronef qu'ils doivent déterminer, et d'une prédiction qu'ils font de la trajectoire de l'aéronef. La détermination de l'environnement terrain est obtenue par corrélation entre la position de l'aéronef calculée à partir des

paramètres de navigation fournies par le système de gestion de vol à bord notamment le cap, l'altitude, la latitude, la longitude, et une base de données d'élévation de terrain. La prédiction de trajectoire de l'aéronef est basée sur des paramètres de navigation, notamment le cap, l'altitude, la latitude, la longitude, la vitesse verticale et au sol, le poids de l'aéronef, et des modèles de profils de vol pour l'aéronef considérés. Ces systèmes de surveillance fournissent notamment en sortie : des informations graphiques vers un écran de navigation, permettant par exemple d'afficher en vue de dessus une cartographie de type THD ("*Terrain Hazard Display*") avec des zones de relief par niveaux de danger indiqués en fausses couleurs (vert, rouge...) et des prévisions de conflits possibles avec ce relief ; des informations audio vers le système audio de l'aéronef, pour générer si besoin une alarme sonore, typiquement un message d'alerte. La figure 1 illustre de façon schématique un tel système. Il utilise des informations d'une base de données DB1 topographiques d'élévation de terrain, embarquée à bord ou accessible du bord, et d'une base de données DB2 de profils de vol vertical de l'aéronef considéré, ainsi que les différents paramètres de vol P transmis par le système de gestion de vol qui vont comprendre (la liste n'est pas exhaustive) : vitesses verticale et au sol, angles de vol, latitude, longitude, altitude, radio-altitude, poids de l'avion.... Le système comprend essentiellement 3 fonctions de base qui alimentent en données d'entrée un algorithme 1 de prédiction de collision, qui fournit en sortie notamment des données d'affichage graphique de représentation de zones THD ("*Terrain Hazard Display*") destinées à être présentées sur un écran de navigation ND du cockpit ou HSI ("*Horizontal Situation Indicator*"), des données de contrôle vers un tableau de contrôle CP associé CP, et des données d'alarme vers le système audio AAS de l'aéronef. Ces trois fonctions de base sont : une fonction 2 de détermination de la position courante de l'aéronef ; une fonction 3 de prédiction de profil de vol dans un futur proche, à partir de la position courante déterminée par la fonction 2, et des informations de la base de données DB2 ; une fonction 4 de détermination du relief de la zone

d'évolution de l'aéronef, à partir de la position courante déterminée par la fonction 2, et des informations de la base de données DB1.

Ces systèmes sont bien connus de l'homme de l'art et ont démontré l'intérêt de leur utilisation dans la prévention des collisions.

5 Dans l'invention, on s'intéresse plus particulièrement à l'affichage graphique des données cartographiques fournies par ces systèmes, sur un écran à bord. Cet affichage est actuellement réalisé sous une forme identique à celle obtenue avec un radar. Les dispositifs d'affichage utilisés initialement découlaient en effet de systèmes radars météorologiques, tels  
10 que le système WXR, nom commercial du produit commercialisé par Rockwell Collins. Ces systèmes permettent la détermination des conditions météorologiques au moyen d'un radar météo embarqué à bord de l'aéronef, et l'affichage de données cartographiques, de type météorologique. Dans ce cas les paramètres de navigation sont corrélés à des données capturées et  
15 traitées en temps réel par le radar météo.

L'affichage graphique est ainsi effectué sous forme de radiales. Une radiale correspond à une direction d'acquisition par le radar. Elle est représentée par une ligne, dont l'origine représente la position de l'aéronef et dont la direction correspond à l'angle de gisement entre les directions de  
20 l'aéronef et de l'acquisition par le radar, par un angle d'ouverture qui définit la résolution de l'information et par des points successifs sur cette ligne, affichés en fausses couleurs, qui représentent les valeurs mesurées par le radar.

Bien qu'ils n'utilisent pas de capteurs actifs tels que le radar  
25 météo, les systèmes TAWS, tels notamment le EGPWS ou le T<sup>2</sup>CAS précités, utilisent ce procédé d'affichage graphique par radiales : ils calculent les points des radiales en balayant, à la manière d'un radar de données topographiques qui sont une représentation numérique du terrain survolé, extraite ou contenue dans une base de donnée d'élévation de terrain qui  
30 peut être embarqué, ou téléchargée par radio-transmission au fur et à mesure des besoins en fonction des zones survolées. Selon les modes

d'affichage disponibles (en rose, en arc,...), des fausses couleurs sont utilisées correspondant à des mesures d'altitude du relief, absolues ou relatives à l'altitude de l'aéronef. Ce mode d'affichage est standardisé dans des recommandations techniques officielles. Pour les systèmes TAWS, ces recommandations techniques sont par exemple décrites dans le document de certification TSO-c151b (TSO, acronyme anglo-saxon pour "*Technical Standing Orders*"). Les données cartographiques issues des calculs applicatifs mis en œuvre dans ces systèmes sont structurées en trames formatées répondant au protocole ARINC 453 pour être délivrées à un système de gestion de l'affichage graphique.

Ce mode d'affichage graphique suivant des radiales a cependant quelques inconvénients, parmi lesquels :

-le temps de mise à jour d'une image complète, correspondant à un balayage sur 360° de la zone d'évolution de l'aéronef est lent ; si la position de l'aéronef est superposée au fond cartographique, ce dernier se trouve en décalage par rapport à la position de l'aéronef, décalage qui se marque en cas d'accélération de l'aéronef ou de virage.

-les données graphiques affichées ne sont pas référencées géographiquement (ou géo-référencées), par exemple avec une latitude/longitude et une orientation par rapport au nord géographique, *de par la nature même du balayage de type radar* Elles sont uniquement repérées par rapport à l'origine des radiales, soit la position et l'orientation instantanée de l'aéronef. Il est ainsi difficile de superposer à l'image de fond cartographique, d'autres informations graphiques, tel que le plan de vol. Or on cherche à regrouper différentes informations graphiques sur le même écran de navigation, pour en faciliter l'appréhension par les pilotes.

-la position à l'origine de chaque radiale n'est pas non plus géo-référencée. Pour ces raisons, il n'est pas possible de suivre en temps réel la trajectoire de l'aéronef : on ne peut pas faire tourner ou translater les radiales avec l'aéronef. Il faut attendre la prochaine mise à jour des radiales. L'effet induit est une "fixité" du fond d'écran affichant la cartographie (le relief), alors

que d'autres éléments graphiques suivent le déplacement de l'aéronef, notamment le plan de vol. On a donc une incohérence d'affichage avec un effet retard. On peut atténuer cet effet en augmentant la fréquence de mise à jour, mais cela induit un surcoût en temps et en ressources de calcul.

5           --la résolution minimum du système qui fournit les données cartographiques à afficher est définie par rapport à la portée maximale des radiales, ce qui, pour une portée donnée, et un système applicatif donné définit l'ouverture angulaire des radiales et la taille des points sur chaque radiale. Ainsi, dans une situation opérationnelle donnée, la taille des points le  
10 long des radiales et l'ouverture angulaire des radiales sont constantes. Sur la figure 2a, on a représenté une radiale R. L'ouverture angulaire  $\alpha$  de la radiale définit pour chaque point  $p_i$  une petite zone sensiblement proche d'une forme de trapèze t (les bords du " trapèze" t étant ici des arcs de cercle), sur lequel un niveau de danger est calculé, typiquement l'altitude la plus haute sur ledit  
15 trapèze. L'ouverture angulaire  $\alpha$  correspond aussi à l'écart angulaire entre deux radiales successives, c'est à dire qu'il définit l'échantillonnage angulaire d'un secteur. La figure 2b illustre un ensemble de radiales d'origine O avec une ouverture angulaire constante  $\alpha$ , qui numérise une partie de l'espace  
20 à proximité de l'origine O, va être calculé plusieurs fois, par exemple il va être calculé pour les radiales  $R_5, R_6, R_7, \dots$ , comme illustré sur la figure 2b qui représente par exemple un secteur frontal. A l'extrême, le point à l'origine O est calculé et affiché pour chaque radiale. Ceci implique un surcoût en temps et en ressources de calcul pour le calcul des radiales et pour leur affichage.

25           -une conversion de données est nécessaire pour passer du format des informations cartographiques de type "radiale", avec des points en coordonnées polaires par rapport à un point d'origine à un format d'affichage de type "cartographie" dans un espace discrétisé avec des pixels en  
30 coordonnées cartésiennes. Cela introduit de manière classique des artefacts graphiques, notamment des effets de moirage.

Ainsi, il existe un besoin d'améliorer l'affichage des données dites cartographiques, pour permettre de mieux suivre l'évolution temps réel de l'aéronef, avec un rendu visuel amélioré, ainsi que permettre l'affichage sur un même écran des informations graphiques issues de différentes applications, de manière cohérente, tout en optimisant les temps et ressources de calcul nécessaires.

Dans l'état de l'art, toute la zone de circonvolution de 360° autour de l'aéronef est calculée. Typiquement, dans un système TAWS ce sont ainsi près de 400 radiales qui sont calculées correspondant à une image, nécessitant 100 cycles temps réel du calculateur associé pour un rafraîchissement complet. En pratique cela représente 2 à 4 secondes.

L'idée générale à la base de l'invention est de limiter l'analyse à un nombre fini de zones élémentaires qui sont rafraîchies à des fréquences différentes en fonction d'un intérêt opérationnel, ce qui permet pour des zones stratégiques de calculer les radiales associées à des fréquences et priorités de traitement élevées, tandis que d'autres zones moins prioritaires seront rafraîchies à des fréquences plus lentes. De cette façon on optimise le temps de calcul. Ces zones élémentaires sont obtenues par un découpage de la zone d'évolution à cartographier en tronçons de secteurs angulaires.

Ainsi le problème technique posé est résolu dans l'invention par un procédé optimisé d'affichage de type radiale, dans lequel la zone d'évolution du mobile à afficher est découpée en zones élémentaires de type tronçons de secteurs angulaires, et dans lequel à chaque zone élémentaire sont associés une fréquence de mise à jour et une priorité de traitement.

Selon un aspect de l'invention, pour maintenir la cohérence des informations graphiques affichées rafraîchies à des fréquences différentes, on intègre dans le calcul d'une zone élémentaire, celui d'une zone de recouvrement d'autres zones élémentaires de manière à provisionner des données en fonction du déplacement estimé de l'aéronef entre deux cycles de rafraîchissement.

Selon un autre aspect de l'invention, on définit pour chaque zone élémentaire, une ouverture angulaire des radiales optimisée, en fonction notamment de sa portée et de la résolution recherchée sur ladite zone. On peut ainsi optimiser à la fois le temps de traitement et d'affichage, et la  
5 résolution. Dans tous les cas on peut ainsi garder une résolution optimale dans toutes les zones élémentaires, tout en optimisant les temps et ressources de calcul en fonction de leurs portées respectives.

Les zones élémentaires peuvent être géo-référencées, en utilisant les données de positionnement et d'orientation de l'aéronef qui sont obtenue  
10 par consolidation de toutes les sources d'informations disponibles à bord de l'aéronef. Par exemple, on fournit pour chaque radiale calculée, son orientation angulaire par rapport au nord géographique. Dans un autre mode de mise en œuvre, on peut géo-référencer la forme géométrique même des zones élémentaires. En effet, elles sont de géométrie simple, de type  
15 polygone sensiblement triangle ou trapèze, qui peut être décrite par des coordonnées géo-référencées de leurs sommets : trois points pour un tronçon de secteur angulaire de type triangle ou quatre points pour un tronçon de type trapèze. Pour chacun de ces points, on pourra par exemple transmettre dans les trames de données d'affichage, leur latitude et leur  
20 longitude. De cette façon, un système d'affichage graphique adapté peut manipuler ces formes géométriques simples, triangles ou trapèzes géo-référencées par leurs sommets. On pourra aussi décrire les tronçons de secteurs angulaires par les 3 sommets du triangle englobant la radiale et les distances entre lesquelles les données topographiques sont calculées. Des  
25 systèmes d'affichage innovants voient en effet le jour qui sont capables de tracer directement de tels polygones pour approcher les formes des radiales initiales. Ces systèmes peuvent transformer les données graphiques à présenter en textures assimilables à des petites images en fausses couleurs, qui peuvent être plaquées et étirées sur les polygones définis, au travers  
30 d'un processeur de génération graphique. Par ces moyens, les artefacts graphiques sont avantageusement supprimés.

Un procédé selon l'invention permet de rafraîchir l'image affichée seulement par zones élémentaires, en fonction de leur fréquence de mise à jour, tout en restant synchrone avec le reste de l'image : il n'est pas utile de fournir à chaque fois tous les points de la zone d'évolution à cartographier : il y a moins d'informations à traiter et à afficher. En outre, les zones élémentaires transmises étant fixes dans un référentiel terrestre unique (géo-référence de l'origine et cap de l'aéronef), et le dispositif d'affichage utilisé pour les représenter étant fixe dans un repère aéronef, ledit repère aéronef étant mobile par rapport au repère fixe terrestre, alors le déplacement de l'aéronef induit une translation et une rotation du fond d'écran cartographique en temps réel avec le déplacement de l'aéronef, en sorte que l'effet retard ou de fixité de fond d'écran observé dans les systèmes de l'état de l'art est supprimé. Il permet en outre d'afficher en temps réel de manière cohérente géographiquement sur un même écran de navigation d'autres informations graphiques géo-référencées tel que le plan de vol.

La définition des zones élémentaires, leur fréquence de mise à jour et leur priorité sont avantageusement variables, fonction de la situation opérationnelle de l'aéronef. Notamment, si la vitesse de déplacement de l'aéronef augmente ou diminue, la fréquence de mise à jour peut être adaptée ; si l'avion tourne, on peut élargir l'angle associé à un élément à l'intérieur du virage pour augmenter le nombre de radiales à l'intérieur de ce virage ; en outre on peut calculer un élément plus grand géométriquement de manière à recueillir des informations en avance sur le déplacement prévu de l'aéronef, ce qui permet de disposer en avance des données géographiques relatives à la future zone de survol d'un élément géographique donnée. Ceci est très utile dans le cas où l'avion augmente sa vitesse ou entame un virage.

L'invention concerne donc un procédé de traitement de données cartographiques en temps réel dans un aéronef, pour leur affichage sous forme cartographique d'une zone d'évolution de l'aéronef sur un écran, ledit procédé de traitement comprenant un calcul de radiales centrées sur un

point de référence définissant un secteur angulaire de données topographiques, caractérisé en ce que ledit procédé comprend:

-un découpage de la zone d'évolution à cartographier en une pluralité de tronçons de secteurs angulaires, chaque tronçon formant une

5 zone élémentaire à cartographier,

-une attribution d'une priorité et d'une fréquence de rafraîchissement propres à chaque zone élémentaire définie en fonction d'un critère d'intérêt opérationnel dudit élément pour l'aéronef.

Il s'applique à l'affichage de données cartographiques obtenues par acquisition de radiales. Il s'applique aux systèmes de surveillance intégrés, du type à calcul de radiales, et notamment aux systèmes de surveillance TAWS ou WXR.

D'autres avantages et caractéristiques de l'invention sont détaillés dans la description suivante en référence aux dessins illustrés d'un mode de réalisation de l'invention, donné à titre d'exemple non limitatif. Dans ces

15 dessins :

-la figure 1 déjà décrite est un schéma-bloc illustrant un système de surveillance intégré de type TAWS;

-les figures 2a et 2b déjà décrites illustrent la numérisation des données par des radiales ;

20 -la figure 3a est un premier exemple de découpage en éléments géométriques selon l'invention, dans un exemple d'un vol, en ligne droite; et

-la figure 3b, 3c illustrent les zones élémentaires à cartographier suivant des fréquences et priorités spécifiques, et un affichage graphique sur un écran

25 des données cartographiques de terrain obtenues;

-la figure 4 détaille la définition des paramètres des différents éléments géométriques de la figure 3a, notamment leur échantillonnage angulaire;

-les figures 5a et 5b détaillent le principe de détermination de l'échantillonnage angulaire selon le point le plus éloigné de l'élément

30 géométrique considéré;

- la figure 6 illustre une redéfinition du découpage en fonction des paramètres de vol, pour un calcul en virage à droite; et
- la figure 7 est un schéma-bloc des différents éléments de l'architecture d'un calculateur de traitement des données, avec acquisition et présentation des données pour l'affichage, adapté à un procédé selon l'invention;
- 5 -les figures 8a et 8b illustrent les paramètres de configuration donnés dans les requêtes E et les données transmises en sortie S en réponse.

Les figures montrent des découpages et les éventuelles  
10 indications numériques ne sont que des exemples, donnés à titre indicatifs. L'invention ne saurait se limiter à ces seuls exemples.

La figure 3a donne un premier exemple d'un découpage d'une zone d'évolution d'un aéronef A en zones élémentaires en fonction de l'intérêt opérationnel de ces zones élémentaires, suivant un procédé selon  
15 l'invention.

L'intérêt opérationnel d'une zone élémentaire dépend de différents facteurs au nombre desquels : le déplacement de l'aéronef en ligne droite (vitesse de déplacement) ou dans un virage (vitesse de rotation angulaire), la situation par rapport à l'aéronef, frontale, dorsale ou latérale, la distance par  
20 rapport à l'aéronef.

Ces différents aspects sont à pris en considération ensemble en combinaison, pour déterminer un découpage approprié, en fonction de différents critères. Parmi ces critères, on peut citer les critères suivants, en relation avec la figure 3a :

- 25 -L'angle de gisement  $\varphi$  d'une radiale R avec la direction courante  $dA(t)$  de l'aéronef. Par exemple, on attribue aux radiales éloignées de la direction de déplacement de l'aéronef, une fréquence et priorité de mise à jour plus basse.
- La distance d'un point donné de la radiale par rapport à l'origine O,  
30 correspondant à la position de l'aéronef ou une position de référence. Par

exemple les points les plus éloignés se voient attribuer une fréquence de mise à jour et une résolution plus faible.

-La présence d'alertes (rapprochement alarmant du relief, ou d'une zone de survol interdite) ou non. Par exemple, en cas d'alerte, la fréquence de mise à jour des radiales dans la direction de déplacement de l'aéronef est augmentée.

-Le découpage en tronçons successifs de secteurs angulaires le long des radiales, pour optimiser l'ouverture angulaire des radiales en fonction de la portée maximale dans chacun des tronçons, selon les critères de l'application, tout en garantissant que l'intégralité de l'information est présentée et que le coût de traitement associé est réduit.

-La vitesse de déplacement de l'aéronef. Par exemple, la fréquence de mise à jour dans la direction de déplacement de l'aéronef augmente avec la vitesse afin de conserver une image devant l'aéronef dont le « retard » par rapport au monde extérieur est aussi faible que possible compte tenu des ressources allouées.

-La vitesse de rotation angulaire de l'aéronef. Par exemple :

-Lors du vol en ligne droite, les radiales dans la direction de déplacement de l'aéronef sont mise à jour plus fréquemment ;

- Lors d'un vol en virage, les radiales à l'intérieur du virage sont mises à jour plus fréquemment et avec une priorité plus élevée par rapport à d'autres traitements.

Dans l'exemple de la figure 3a, on considère un aéronef se déplaçant en ligne droite. On est, par exemple, intéressé à avoir des informations jusqu'à 80 miles nautiques devant l'aéronef. Mais il n'est pas utile de couvrir ces 80 miles nautiques sur 360° autour de l'aéronef. Suivant le procédé de l'invention, on découpe la zone d'observation en zones élémentaires, en fonction de leur intérêt opérationnel. Dans l'exemple, on considère des portées de 20, 40, 60 et 80 miles nautiques (Nm), qui sont

représentées en pointillé sur la figure par des cercles d'origine O, (point  $p_0$ ), correspondant à la position courante de l'aéronef, ou un point de référence.

Une première zone élémentaire 3, correspond à un tronçon de secteur angulaire frontal d'angle  $\theta_3$ , de forme triangulaire. Elle couvre la distance depuis l'aéronef pris comme point d'origine  $p_0$  (qui définit la portée minimale = 0 mile nautique des radiales qui seront calculées pour cette zone 3), jusqu'à 40 miles nautiques Nm (qui définit la portée maximale des radiales qui seront calculées pour cette zone). Dans cet exemple illustrant une situation de vol en ligne droite, le centre de ce secteur angulaire correspond à la direction courante  $d_A(t)$  de l'aéronef, de manière à balayer un secteur angulaire égal de part et d'autre de cette direction.

Cette zone élémentaire 3 peut-être définie géométriquement par les coordonnées polaires de trois points correspondant au sommet du triangle :  $p_0$ , le point d'origine, et  $p_1$  et  $p_2$  sur le cercle des 40 Nm, tels que  $\overline{p_1 p_0 p_2} = \theta_3$ . A partir des coordonnées géo-référencées de la position de l'aéronef, on peut facilement calculer les coordonnées géo-référencées des points  $p_0$ ,  $p_1$  et  $p_2$ , de manière à obtenir un géo-référencement de l'élément géométrique (triangle) de cette zone. On peut encore géo-référencer chacune des radiales calculées pour cette zone 3, en donnant son angle de gisement par rapport au nord géographique (voir Figures 8a et 8b décrites plus loin). Ainsi, on sait afficher les valeurs calculées pour cette zone 3 dans un système universel de coordonnées de géo-référencement. On a vu aussi que dans le cas où l'on transmet la description géo-référencée de la forme géométrique, c'est à dire ici les coordonnées des trois sommets, un système graphique adapté est alors capable de traiter via un processeur graphique l'affichage de ces formes géométriques simples et l'affichage de textures correspondant aux valeurs topographiques calculées permettant alors avantageusement la suppression d'artefacts graphiques. Ces aspects d'affichage et de géo-référencement s'appliquent à chacune des zones élémentaires définies selon l'invention.

La zone élémentaire 3 est en pratique une zone de grand intérêt opérationnel, étant dans le secteur frontal de proximité de l'aéronef. Elle est donc prioritaire sur le plan des traitements de données et doit être rafraîchie à la plus haute fréquence disponible.

5 Dans la zone des 60 miles nautiques, on définit trois autres zones élémentaires : deux zones élémentaires 2.1 et 2.3 de part et d'autre de la zone élémentaire 3 couvrant une zone latérale de 0 à 60 miles nautiques ; et une zone élémentaire 2.2 dans le prolongement de la zone 3, pour couvrir la zone des 40 à 60 miles nautiques dans le même secteur angulaire.

10 Les zones élémentaires 2.1 et 2.3 sont des tronçons de secteurs angulaires chacun défini comme pour la zone élémentaire 3 par trois points (type triangle) : le point d'origine  $p_0$  et deux points sur le cercle des 60 miles nautiques,  $p_3$  et  $p_4$  pour la zone 2.1 à gauche de la zone élémentaire 3, et  $p_5$  et  $p_6$  pour la zone 2.3 à droite de la zone élémentaire 3.

15 La zone élémentaire 2.2 est un tronçon du secteur angulaire d'angle  $\theta_3$  de type trapèze. Sa surface géométrique est définie par les quatre points  $p_1$ ,  $p_2$ ,  $p_4$ ,  $p_5$ , par exemple. Dans un autre exemple, la surface géométrique de la zone élémentaire 2.2 peut être définie par  $p_0$ ,  $p_1$ ,  $p_2$ , et les distances des débuts et fins de tronçons.

20 Au-delà des 60 miles nautiques, dans la zone frontale de l'aéronef, 3 zones élémentaires sont définies 1.1, 1.2 et 1.3. La zone 1.2 au centre couvre un angle  $\theta_{1.2}$  plus large que l'angle  $\theta_3$  de la zone 3. Les deux zones 1.1 et 1.3 sont disposées respectivement à gauche et à droite de cette zone 1.2, et couvrent chacune un angle  $\theta_{1.1}$  et  $\theta_{1.3}$ . Les zones 1.1 à 1.3 sont  
25 chacunes un tronçon d'un secteur angulaire centré sur l'origine  $p_0$ , avec un angle de secteur correspondant. Elles peuvent chacune être décrites par quatre points (type trapèze) : deux points sur le cercle des 60 miles nautiques et deux points sur le cercle des 80 miles nautiques, soit dans l'exemple :  $p_6$ ,  $p_7$ ,  $p_8$  et  $p_9$  pour la zone 1.1,  $p_{10}$ ,  $p_{11}$ ,  $p_{12}$  et  $p_{13}$  pour la zone  
30 1.3, et  $p_8$ ,  $p_9$ ,  $p_{10}$  et  $p_{11}$  pour la zone 1.2.

Dans cet exemple de déplacement de l'aéronef en ligne droite ces deux angles  $\theta_{1,1}$  et  $\theta_{1,3}$  sont égaux. L'angle total de couverture correspondant à l'ensemble des zones 1.1, 1.2 et 1.3 et égal à  $\theta_{1,1} + \theta_{1,2} + \theta_{1,3}$  est inférieur à l'angle correspondant à l'ensemble des zones 2.1, 3 et 2.3 et  
5 égal à  $\theta_{2,1} + \theta_3 + \theta_{2,3}$ . En effet, à grande distance de l'aéronef, dans l'exemple au-delà des 60 miles nautiques, il n'est en pratique pas très intéressant ou stratégique d'avoir une couverture latérale aussi large qu'à proximité de l'aéronef : si l'aéronef changeait de cap, la capture et le traitement de données latérales lointaines seraient sans utilité ; si l'aéronef continuait sa  
10 route sans changement de cap, il sera bien assez tôt d'avoir ces informations latérales quand elles seront plus proches, à moins de 60 miles nautiques.

Une dernière zone élémentaire 4 correspond à une zone dorsale, c'est à dire derrière l'avion, correspondant à une zone déjà survolée ou en fin de survol. Il n'est pas nécessaire d'observer cette zone sur une grande  
15 distance. Dans l'exemple, cette zone 4 correspond à un secteur angulaire couvrant une distance de 20 miles nautiques par rapport à la position courante de l'aéronef prédéfini, pris comme origine, d'angle  $\theta_4$  couvrant l'espace angulaire entre les deux zones 2.1 et 2.3. Elle peut être définie géométriquement par trois points (type triangle) : le point à l'origine  $p_0$ , et les  
20 deux points  $p_{14}$  et  $p_{15}$  sur le cercle des 20 miles nautiques.

Ainsi, selon l'invention, la zone d'évolution autour de l'aéronef est couverte sur  $360^\circ$ , mais découpée en zones élémentaires. Chaque zone élémentaire peut être décrite par une description des radiales à calculer dans cette zone, ou par les coordonnées des sommets de sa figure géométrique.

25 Ces zones élémentaires permettent de couvrir une plus ou moins grande distance par rapport à l'aéronef, et avec des cycles de rafraîchissement et une priorité de traitement fonction de l'intérêt opérationnel ou stratégique de la zone.

Dans le secteur frontal, la zone 3 se voit attribuer la plus haute  
30 priorité ainsi que la plus grande fréquence de rafraîchissement. Les zones 2.1 à 2.3, ont une priorité moyenne. Il est intéressant d'appliquer une

fréquence de rafraîchissement plus grande à la zone 2.2 en continuité de la zone 3, et dans l'axe de direction de l'aéronef, qu'aux zones latérales 2.1 et 2.3.

Les zones 1.1 à 1.3, ainsi que la zone dorsale 4, ont une priorité basse. Il est intéressant d'appliquer une fréquence de rafraîchissement plus grande à la zone 1.2 dans l'axe de direction de l'aéronef, qu'aux zones latérales 2.1 et 2.3.

Dans un exemple, on attribue ainsi aux zones élémentaires qui viennent d'être décrites, les périodes et priorités de traitement suivantes:

- 10 Zone 1.1 : période 2,5 s ; priorité BASSE
- Zone 1.2 : période 1,5 s ; priorité BASSE
- Zone 1.3 : période 2,5 s ; priorité BASSE
- Zone 2.1 : période 1,5 s ; priorité MOYENNE
- Zone 2.2 : période 1 s ; priorité MOYENNE
- 15 Zone 2.3 : période 1,5 s ; priorité MOYENNE
- Zone 3 : période 500 ms ; priorité HAUTE
- Zone 4 : période 2,5 s ; priorité BASSE

Avantageusement, un tel découpage en vue d'un traitement particularisé en période et priorité en fonction de la zone élémentaire considérée permet de calculer une ouverture angulaire  $\alpha$  de radiales optimisée dans chaque zone. Cette ouverture angulaire est habituellement fixée, dans une situation opérationnelle donnée, typiquement pour une distance de visualisation donnée à afficher sur l'écran, et une résolution graphique associée à cette distance de visualisation. Cela impose l'ouverture angulaire  $\alpha$  de radiale, comme illustré sur les figures 5a et 5b qui montrent comment calculer la distance minimale entre 2 points successifs d'une même radiale.

Dans ces figures,

APERad désigne l'ouverture angulaire en Radians( *Aperture en radians*);

RESmin désigne la résolution minimum de l'information, défini par l'application;

GSmax désigne la vitesse maximale au sol de l'avion (*Ground Speed max*), (paramètres de vol de l'avion);

5 LENSsensor désigne la longueur du senseur de l'application concernée (par exemple une application TAWS);

GSmax.LENSsensor donne la distance de visualisation ou portée maximale, par rapport à l'origine  $p_0$ ;

10 LATmax désigne la latitude maximale, qui est une donnée des paramètres de vol de l'avion;

PITCH désigne la distance minimale entre 2 points successifs sur une radiale.

Pour des valeurs données de RESmin, LATmax, GSmax, et LENSsensor, on sait déterminer la valeur angulaire d'un ensemble de radiales formant un secteur angulaire comme illustré sur les figures 5a et 5b.

15 Sur ces figures, la résolution minimum de l'information est représentée par des "rectangles" qui sont positionnés de manière à avoir pour des valeurs données de APERad et PITCH, respectivement une ouverture angulaire maximale, et une distance minimale, ce qui sont les conditions optimum que l'on cherche à obtenir.

20 Dans l'invention on applique non plus ce critère sur un unique secteur angulaire égal à la zone d'évolution détectée par le senseur de l'application considérée, mais sur autant de tronçons de secteurs angulaires ayant des portées différentes, correspondant aux zones élémentaires définies selon l'invention. Pour chaque zone élémentaire, on obtient des conditions optimum de détection. Notamment, si on choisit une résolution minimum RESmin constante sur tous les secteurs angulaires, par exemple une résolution de 15" (secondes d'arc), l'ouverture angulaire  $\alpha$  des radiales va être plus large dans les zones élémentaires à proximité de la position courante  $p_0$  de l'aéronef telle que 3, et plus étroite pour des zones éloignées

25

30

telle que 2.1, comme illustré sur la figure 4, en notant  $\alpha_a$ ,  $\alpha_b$  et  $\alpha_c$ , les ouvertures angulaires respectivement des zones 3, 2.1 et 1.2.

A résolution de l'information RESmin constante, une réduction de la distance de visualisation (portée maximale) permet ainsi d'augmenter  
5 l'ouverture angulaire d'une radiale, sans perdre d'information au niveau de l'affichage. En d'autres termes, on réalise un échantillonnage angulaire adapté à chaque zone élémentaire, en fonction de la résolution recherchée en son point le plus éloigné (à portée maximale), garantissant que l'intégralité de l'information est présentée et que le coût de traitement associé  
10 est réduit.

On peut choisir d'appliquer des résolutions minimum différentes suivant les zones élémentaires considérées. Dans ce cas, pour chaque zone élémentaire, il faut combiner la valeur de résolution minimale choisie et la distance du secteur angulaire à l'origine  $p_0$ , pour déterminer la valeur  
15 angulaire minimale correspondante.

On a vu que les critères de définition des différentes zones élémentaires peuvent varier en fonction des paramètres de vol de l'aéronef. Par exemple, suivant que la vitesse de déplacement augmente ou diminue, la distance de visualisation de la zone peut varier : suivant le cas, les points  
20 sur le cercle limite définissant la portée maximale de la zone considérée est modifiée : si on va plus vite, on a besoin de voir plus loin, et le cercle est éloigné, par exemple pour la zone 3, le cercle de portée maximale peut passer de 40 à 50 Nm par exemple ; si la vitesse est diminuée, c'est le contraire.

Dans un autre exemple, la vitesse de rotation angulaire de  
25 l'aéronef, influe sur les limites des zones élémentaires. La figure 6 illustre un exemple de changement de cap avec virage à droite. Dans ce cas, et compte-tenu que les différentes zones élémentaires ne sont pas rafraîchies à la même fréquence, il est important d'avoir plus d'informations dans la direction du changement de cap : en d'autres termes, il est intéressant  
30 d'augmenter la fréquence de traitement des radiales à l'intérieur du virage. Dans l'exemple, cela équivaut à élargir la zone 3 vers la droite, donc à

augmenter son angle vers la droite pour couvrir la zone à l'intérieur du virage, vers laquelle l'aéronef évolue. Si on reprend le découpage  $Cut(t_0)$  correspondant à la figure 3a, le nouveau découpage  $Cut(t_1)$  revient à déplacer la ligne  $p_0, p_2$  (figure 3) qui définit la limite droite de cette zone 3, vers  $p_0, p_2'$ , plus à droite : en d'autres termes la zone élémentaire 3 est élargie vers la droite et orientée en fonction de la vitesse de changement de cap. Cette modification touche des zones jouxtant la zone 3 : la zone 2.2 est élargie dans les mêmes proportions, la zone 2.3 est diminuée.

Par ailleurs, afin d'anticiper sur les mouvements de l'avion : vitesse, cap ...il est prévu un recouvrement géographique entre les différentes zones élémentaires à calculer : comme illustré sur la figure 3a pour la zone élémentaire 3, la zone de calcul effective  $Z_c$  d'une zone élémentaire est plus grande que cette zone élémentaire, ce qui revient à calculer des radiales de part et d'autre de la zone élémentaire considérée, ou des points de radiales au delà de la portée maximale définie pour la zone élémentaire considérée, afin de provisionner pour cette zone élémentaire des données dans des zones de recouvrement géographique entre zones élémentaires. Sur la figure 3a, une zone de calcul de la zone 3 est délimitée en pointillé. La zone en hachurée représente la zone de recouvrement provisionnée. En d'autres termes, on calcule à l'avance des données en prévision du déplacement futur estimé de l'aéronef, entre deux cycles de rafraîchissement de la zone élémentaire considérée. La définition de ce recouvrement géographique est variable avec les paramètres de vol de l'aéronef et défini par l'application concernée. En particulier, il augmente avec la vitesse de déplacement ou la vitesse de rotation angulaire de l'aéronef, de manière à garantir que, durant une période de mise à jour de cette zone, l'aéronef n'aura pas parcouru plus que la distance de recouvrement provisionnée. Une concaténation des données des zones élémentaires et des zones de recouvrement peut ensuite être effectuée.

Ainsi, à tout moment, le procédé de découpage selon l'invention fournit des données d'affichage graphique vers un système d'affichage,

permettant de suivre en temps réel l'aéronef, avec une grande cohérence des données sur l'image.

En pratique, comme illustré sur la figure 7, un procédé suivant  
5 l'invention est mis en œuvre dans un système 10 de calcul temps réel embarqué à bord de l'aéronef, commandé par une application de surveillance correspondante notée USER, par exemple une application de type TAWS, WXR,...

Le système de calcul temps réel est typiquement un calculateur  
10 CP dédié ou non à l'application, embarqué à bord de l'aéronef. Il comprend typiquement un processeur temps réel de données PROC, qui effectue les différents calculs nécessaires pour fournir les informations graphiques géographiques requises par l'application considérée, sous le contrôle d'un moniteur temps réel MAN, qui gère des tâches à effectuer suivant leurs  
15 priorités et fréquences définies. Cette gestion se fait typiquement au moyen de files d'attente FIFO, en fonction de requêtes E que le moniteur MAN reçoit de l'application USER, via une interface utilisateur API.

En fonction de la description d'une zone élémentaire pour laquelle une requête est reçue, qui définit une zone géographique à cartographier (de  
20 préférence y compris le recouvrement géographique), le moniteur MAN va découper cette zone en éléments de calcul définissant des actions élémentaires. Par exemple, il va découper la zone 3 en 6 éléments de calcul, de fréquence et priorité identiques chacun correspondant à une tâche mise en file d'attente. Une tâche correspond en pratique au calcul des radiales ou  
25 d'un ensemble de radiales déterminées, selon la résolution imposée.

Les n files d'attente WF (par exemple des files de type FIFO, ou d'autres structures de stockage : listes, piles, tableau...) sont gérées en fonction de leur fréquence de rafraîchissement et leur priorité associées. Par exemple, si on reprend l'exemple donné précédemment d'attribution de  
30 priorité et fréquence à chaque zone élémentaire, le moniteur peut initialiser n= 10 files : une file "0,5s" et priorité max pour le calcul de la zone 3 ; une file

"1s" et priorité moyenne pour le calcul de la zone 2.2 ; 3 files "1,5s" pour le calcul des zones 2.1, 2.3, et 1.2, à égale priorité moyenne pour les deux premières zones, et avec une priorité basse pour la zone 1.2 ; trois files "2,5s" pour le calcul des zones 1.1, 1.3 et 4 à égale priorité basse.

5           A fréquence de rafraîchissement équivalente, la priorité allouée à chaque file d'attente permet de déterminer à tout instant l'ordre de traitement des tâches.

          Le composant MERGE assure la concaténation des informations graphiques disponibles pour une zone élémentaire donnée, suivant le  
10   découpage en actions élémentaires opéré le cas échéant pour cette zone élémentaire par le moniteur MAN et prenant en compte les données de recouvrement provisionnées éventuelles, pour les fournir en sortie S à l'application USER qui en a fait la requête. Typiquement, ce composant fournit les données sous formes de radiales numérisant la zone  
15   géographique demandée.

          De manière plus détaillée, le procédé de découpage CUT selon l'invention est mis en œuvre par l'application USER elle-même, en fonction de critères qu'elle établit, et qui dépendent de l'application USER (APPLI) et de la situation opérationnelle.

20           On entend par situation opérationnelle, principalement le contexte d'affichage sélectionné à l'instant t: mode d'affichage ( rose, arc,...), de la plage d'affichage sélectionnée (distance maximale du dernier point à afficher à l'écran : typiquement, il peut varier de 1 Nm à 1000 Nm, selon l'état de l'art actuel, en fonction du contexte avion ( ligne droite, virage en cours)...

25           La situation opérationnelle inclut aussi le fait que l'application USER est en mode d'alerte ou pas, c'est à dire par exemple, qu'elle a déjà détecté des conditions d'approche de zones de relief dangereuses, ou de pénétration de zones interdites, ce qui peut influencer sur le découpage, la périodicité ou la priorité des zones élémentaires.

30           Cette application USER fournit au système de calcul temps réel 10 via l'interface API, des paramètres de configuration qui décrivent les

découpages géographiques qu'elle effectue, c'est à dire typiquement des paramètres de description des radiales à calculer pour chacune des zones élémentaires, avec les périodes de calcul et les priorités relatives des traitements associés. On peut par exemple définir chaque zone élémentaire en donnant dans une description associée, l'origine des radiales, leurs portées minimale et maximale, ce qui définit la forme géométrique : un tronçon de secteur angulaire de type triangle (avec portée minimale = 0) ou un tronçon de secteur angulaire de type trapèze (portée minimale  $\neq 0$ ), et par exemple, l'angle de gisement de la première radiale et de la dernière radiale à calculer, par rapport à une direction de référence (typiquement la direction courante de l'aéronef), ce qui définit la position de la forme géométrique, ou les coordonnées (polaires) des points aux sommets de la forme géométrique considérée.

La description fournie par l'application USER comprend une description similaire de la zone de calcul associée ou de la zone de recouvrement.

Plus précisément, dans un exemple non exhaustif de mise en œuvre du procédé, pour chaque zone élémentaire résultant du découpage effectué selon l'invention, l'application USER peut fournir à l'interface API, des paramètres comprenant notamment les paramètres de configuration suivants, en référence aux figures 8a et 8b :

- l'origine O commune des radiales, c'est à dire la position  $p_0$  de l'aéronef ou plus généralement une position de référence commune à toutes les radiales;
- l'ouverture angulaire  $\alpha$  des radiales
- Le nombre N de points sur les radiales
- la distance du premier point  $P1_r$ , calculé par rapport à l'origine (ou portée minimale)
- la distance du dernier point  $PN_r$ , calculé par rapport à l'origine (ou portée maximale)
- la périodicité (ou fréquence) de calcul

-la priorité de calcul.

La figure 8a illustre le cas d'un tronçon de type trapèze, telle que la zone 2.2 de la figure 3a. La figure 8b illustre le cas d'un tronçon de type trapèze, telle que la zone 3 de la figure 3a. Dans ce cas la distance du premier point par rapport à l'origine O est nulle.

Dans un exemple pratique, pour une situation de vol donnée en ligne droite, on pourra avoir les valeurs suivantes pour les paramètres de configuration, en notant la priorité sur une échelle de 1 à 3 par priorité croissante :

- 10           ○ Pour la zone élémentaire 3 (Figure 8b):  
           Origine : Position Aéronef  
           N=N1  
           Ouverture angulaire  $\alpha$  des radiales : 4,5° par exemple,  
           Distance du 1<sup>er</sup> point P1<sub>r</sub>=p<sub>0</sub> calculé sur une radiale: 0 Nm  
           Distance du dernier point PN<sub>r</sub> calculé sur une radiale : 10 Nm  
           Périodicité de calcul : 500ms  
           Priorité de calcul : 3 (=maximale).
- Pour la zone 1.2 (Figure 7b):  
           Origine : Position Aéronef  
           N=N2  
           Ouverture angulaire des radiales : 0,3° par exemple  
           Distance du 1<sup>er</sup> point P1<sub>r</sub> calculé : 40 Nm  
           Distance du dernier point PN<sub>r</sub> calculé : 160 Nm  
           Périodicité de calcul : 2.5s  
           Priorité de calcul : 1 (= non prioritaire).

En pratique, on peut noter qu'à résolution du modèle terrain identique, les zones proches permettent des résolutions angulaires plus grossières.

Dans l'exemple donné ci-dessus, si on prend 0,3° à 160 Nm (1500m), ceci permet un angle de 4.8° sur les 10 premiers Nm ( $\tan(\text{angle}) = 1500\text{m} / 10\text{ Nm}$ ).

L'interface API transmet au moniteur MAN ces différents paramètres de configuration sous formes de requêtes, qui décrivent les calculs de radiales à réaliser, les périodes de calcul de chacune des zones élémentaires et les priorités relatives des traitements associés.

5 Le moniteur MAN gère en temps réel ces multiples requêtes demandées au travers de l'API en fonction des différents paramètres de configuration, et initialise les traitements correspondants dans les files d'attente FIFOS qui stockent les actions élémentaires à gérer par zone élémentaire. Ainsi, le moniteur MAN est responsable de convertir les  
10 requêtes adressées à l'interface API en traitements demandés à PROC périodiquement et selon diverses priorités, via la gestion appropriée de files d'attentes, c'est à dire une initialisation individuellement de chaque requête reçue dans les files d'attente: découpage de la zone élémentaire, résolution, périodicité et priorité pour la zone élémentaire correspondant à la requête, et  
15 modification de ces données d'initialisation en fonction de nouvelles requêtes transmises par l'interface API, suivant des critères propres (critères d'alertes par exemple) à l'application USER envisagée, ou de critères dynamiques liés par exemple aux paramètres de vol (vitesse de déplacement, vitesse angulaire , ...).

20 Le moniteur MAN apparaît ainsi comme le cœur fonctionnel permettant la mise en œuvre du procédé de découpage selon les paramètres de configuration transmis par l'application USER. En pratique, il est adapté en fonction de l'application USER envisagée, afin de répondre aux besoins opérationnels tout en optimisant les traitements et les ressources utilisées.

25 A l'issue des traitements, pour chaque requête correspondant à une zone élémentaire envoyée au dispositif d'affichage (tel que la zone 3 par exemple,) l'interface de sortie MERGE fournit des données correspondantes en sortie S pour l'affichage d'une zone géographique correspondante. Typiquement, il envoie une description correspondante de chacune des  
30 radiales calculées pour cette requête.

Chaque radiale R est ainsi décrite avec les données nécessaires à sa représentation dans un écran d'affichage. Elle comprend avantageusement une donnée de géo-référencement. A titre d'exemple, les données d'affichage associées à une radiale R pourront comprendre (figures 5 8a, 8b):

- son origine O, typiquement la position  $p_0$  de l'aéronef ou une position de référence commune à toutes les radiales
- L'orientation angulaire  $\varphi_{GN}$  de la radiale par rapport au nord géographique NG, pour le géo-référencement,
- 10 ○ L'ouverture angulaire de la radiale
- Le nombre N de points sur la radiale
- La distance du premier point  $P1_r$  calculé
- La distance du dernier point  $PN_r$  calculé
- 15 ○ Les valeurs d'affichage des points successifs  $P1_r$  à  $PN_r$  de la radiale.

Un procédé de traitement de données selon l'invention permet des améliorations mesurables par rapport aux dispositifs existants. Notamment :

-à capacité de traitement numérique équivalente, une zone 20 élémentaire donnée peut être traitée avec une fréquence de mise à jour plus élevée (par exemple, la zone élémentaire 3 du secteur frontal comme illustré sur la figure 3).

-à fréquence de mise à jour identique, une zone élémentaire donnée nécessite moins de ressources de traitement (ressources CPU) 25 puisqu'elle est définie avec des radiales dont l'ouverture angulaire est adaptée strictement au besoin comme illustré sur les figures 7a et 7b.

-à fréquence de mise à jour et capacité de traitement de données équivalents, une zone élémentaire donnée peut être traitée avec une meilleure résolution des données. Comme vu en relation avec les figures 5a 30 et 5b, à angle d'ouverture de radiale  $AP_{Er}$  constant et distance du point sur la radiale plus faible, la résolution  $RES_{min}$  est aussi plus faible.

-une optimisation de la surface géographique de traitement pour correspondre au strict besoin d'une application de présentation de type cartographie, par rapport à l'état de l'art nécessitant une zone de calcul homogène sur 360° .

5                    -une mise à jour des données graphiques en accord avec le besoin opérationnel.

                      -une amélioration de la cohérence de l'affichage géographique avec les autres éléments graphiques référencés géographiquement et déplacés en temps-réel par le système de gestion des affichages, en  
10                    améliorant la fréquence de mise à jour des données les plus utiles en fonction de la situation opérationnelle de l'aéronef.

**REVENDEICATIONS**

1. Procédé de traitement temps réel de données topographiques d'une zone d'évolution d'un aéronef, pour l'affichage sous forme cartographique de ladite zone d'évolution sur un écran, ledit procédé de traitement comprenant un calcul de radiales centrées sur un point de référence (O) définissant un secteur angulaire de données topographiques, caractérisé en ce que ledit procédé comprend
  - un découpage de la zone d'évolution à cartographier en une pluralité de tronçons de secteurs angulaires, formant chacun une zone élémentaire (3) à cartographier,
  - une attribution d'une priorité et d'une fréquence de rafraîchissement propres à chaque zone élémentaire définie en fonction d'un critère d'intérêt opérationnel dudit élément pour l'aéronef.
2. Procédé selon la revendication 1, comprenant un géo-référencement de chaque zone élémentaire.
3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que ledit géo-référencement est obtenu en déterminant pour chacune des radiales à calculer pour la zone élémentaire, la valeur de l'angle ( $\varphi_{GN}$ ) de la radiale (R) avec une direction géo-référencée (GN).
4. Procédé selon la revendication 3, caractérisé en ce que ledit géo-référencement d'une zone élémentaire (3) est obtenu en déterminant des coordonnées de géo-référencement de chacun des points ( $p_0, p_1, p_2, p_3, p_4$ ) formant les sommets du tronçon de secteur définissant ladite zone élémentaire.
5. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce qu'un tronçon de secteur associé à une zone élémentaire (3) a une géométrie variable dans le temps, définie en fonction de

paramètre(s) de vol comprenant la vitesse de déplacement et la vitesse de rotation de l'aéronef.

- 5 6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'à chaque zone élémentaire (3), on fait correspondre une ouverture angulaire ( $\alpha$ ) des radiales à calculer pour ladite zone.
- 10 7. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les tâches associées au calcul des radiales des zones élémentaires sont gérées au moyen de files d'attente (FIFOs), une file traitant des tâches de même fréquence de rafraîchissement, suivant leur priorité.
- 15 8. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'à une zone élémentaire donnée, on associe une zone de calcul ( $Z_c$ ) associée plus grande, afin de provisionner pour cette zone élémentaire des données dans des zones de recouvrement géographique entre zones élémentaires, la dite zone de calcul étant définie en fonction de paramètres (P) de vol de l'aéronef, notamment son cap et sa vitesse.
- 20 9. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les données topographiques sont des données de type élévation de terrain fournies par une base de donnée (DB1) embarquée à bord ou accessible du bord.
- 25 10. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, dans lequel les données topographiques sont des données de type météorologiques.

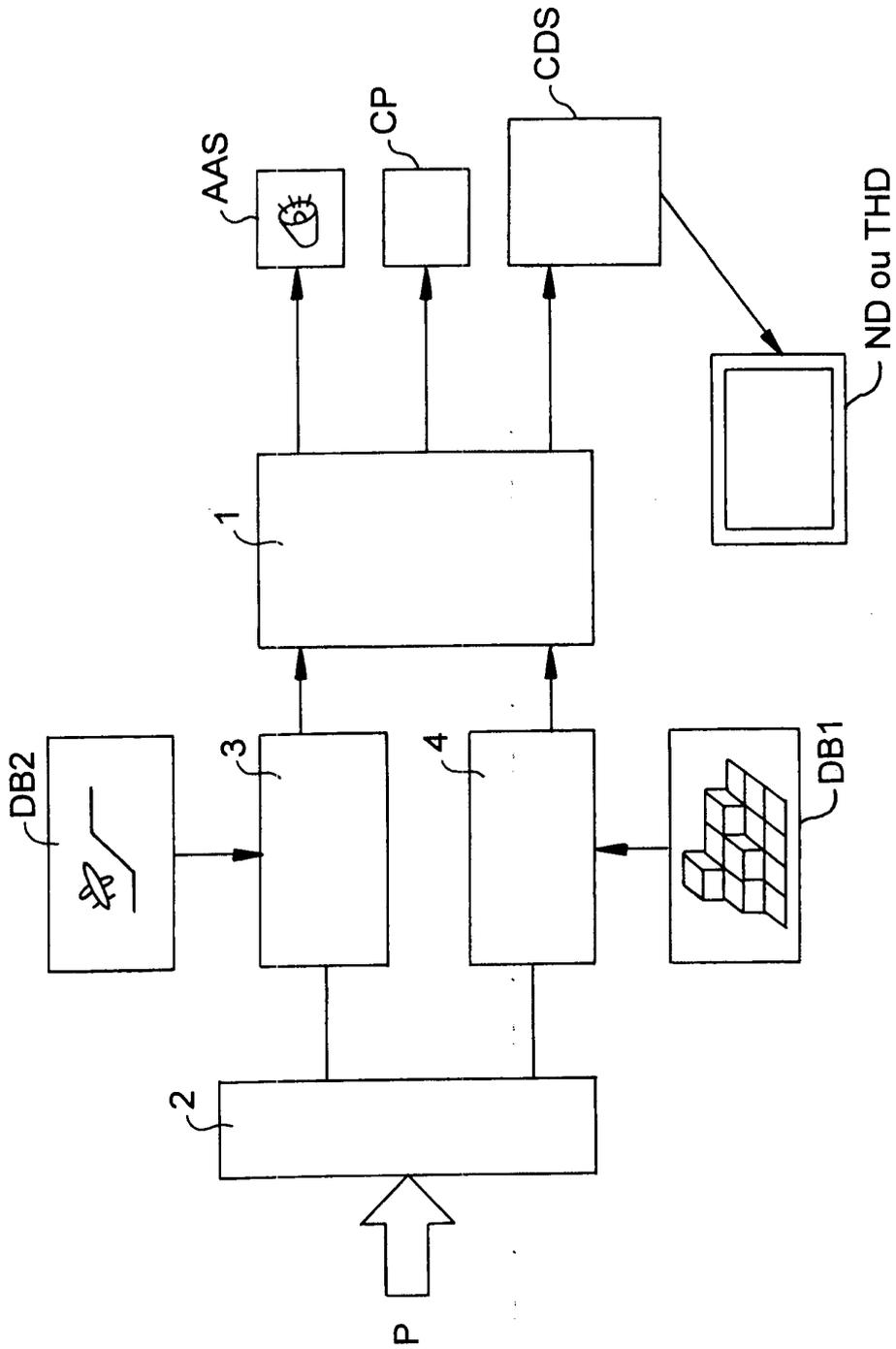
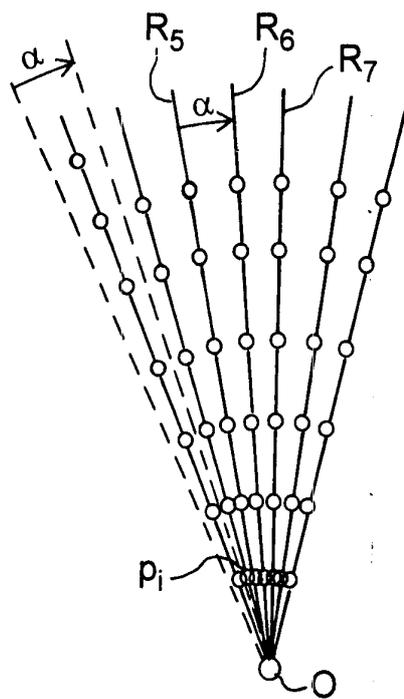
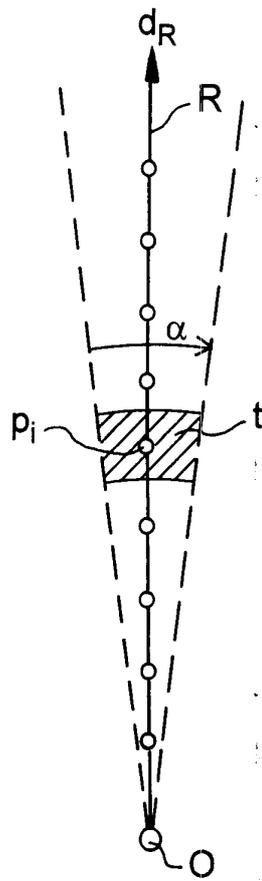


FIG.1

2/7



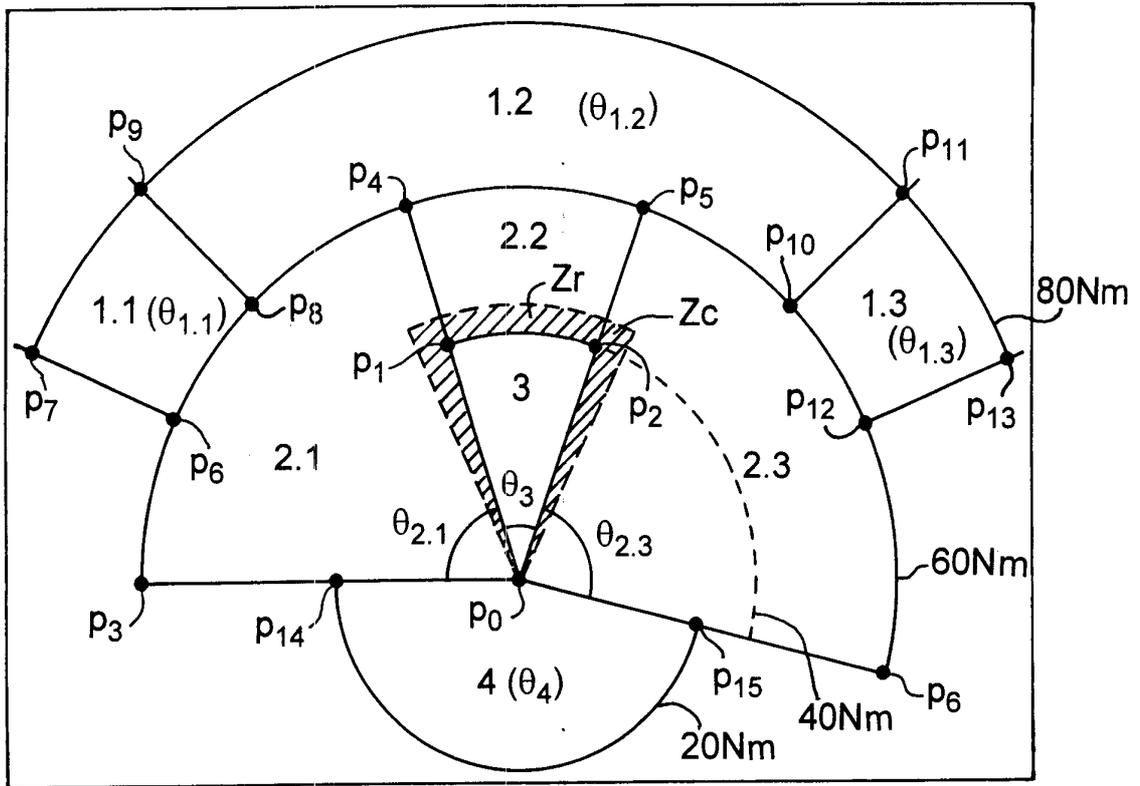


FIG.3a

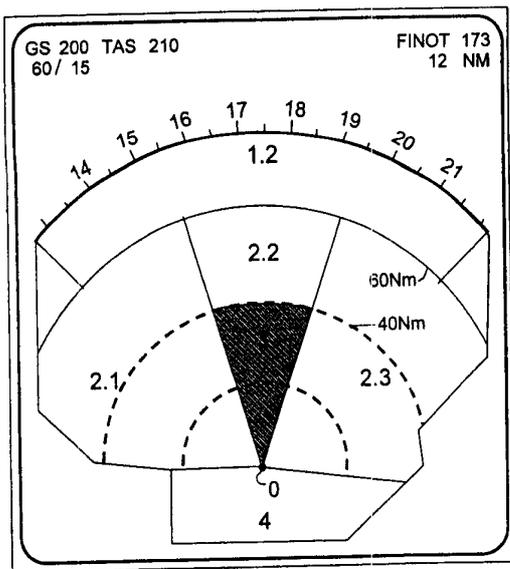


FIG.3b

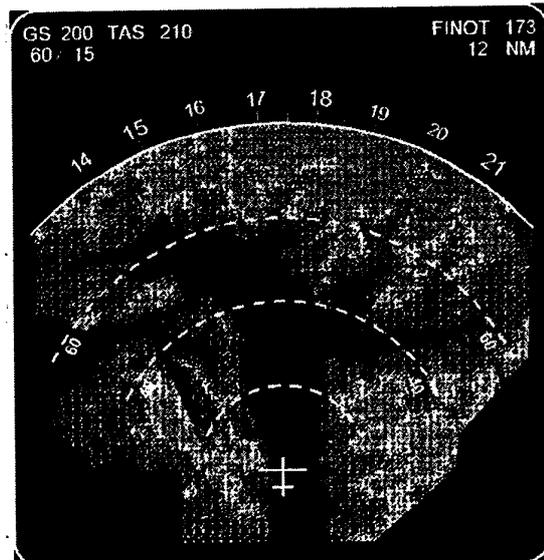


FIG.3c

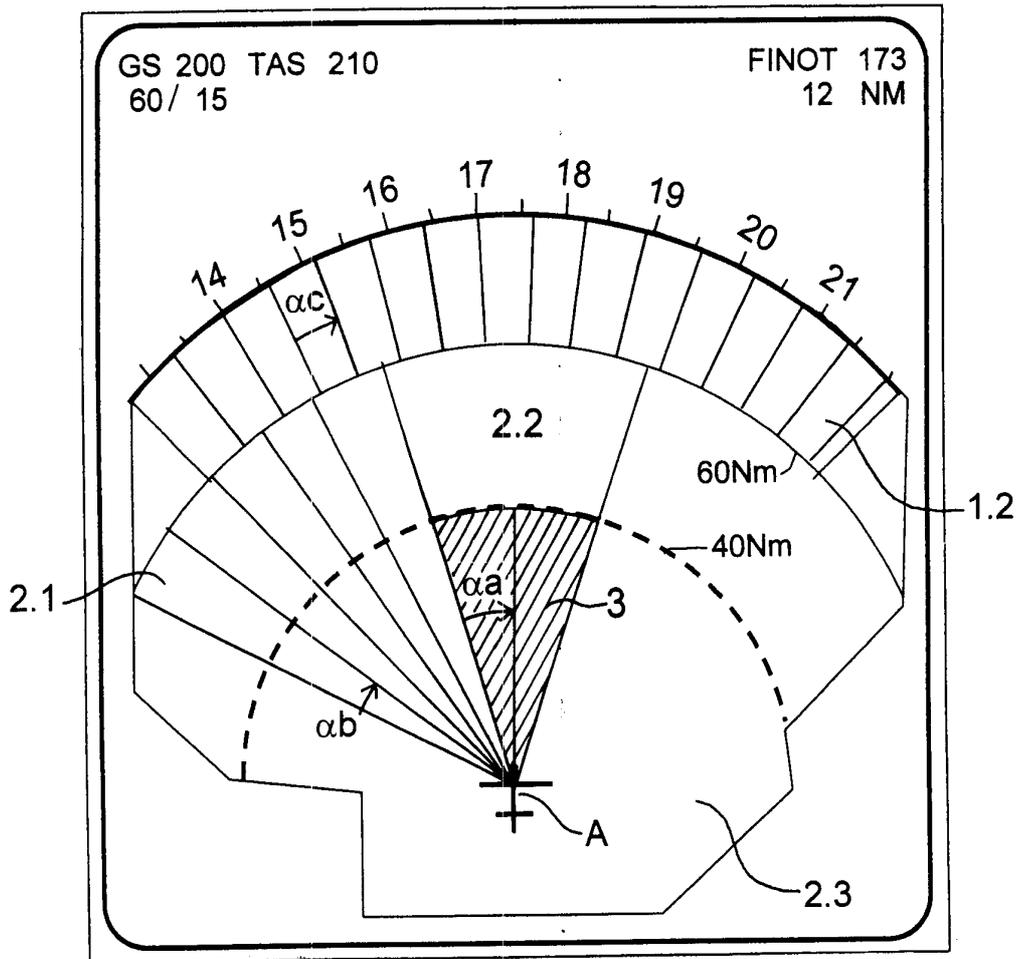


FIG.4

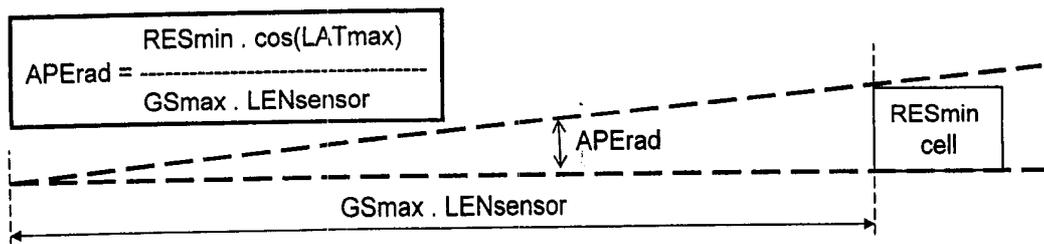


FIG.5a

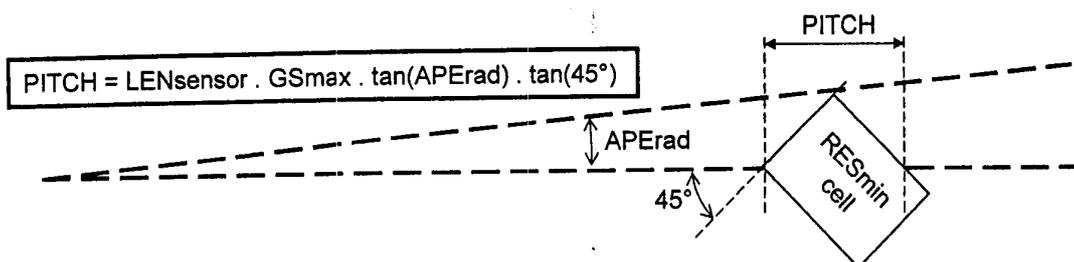


FIG.5b

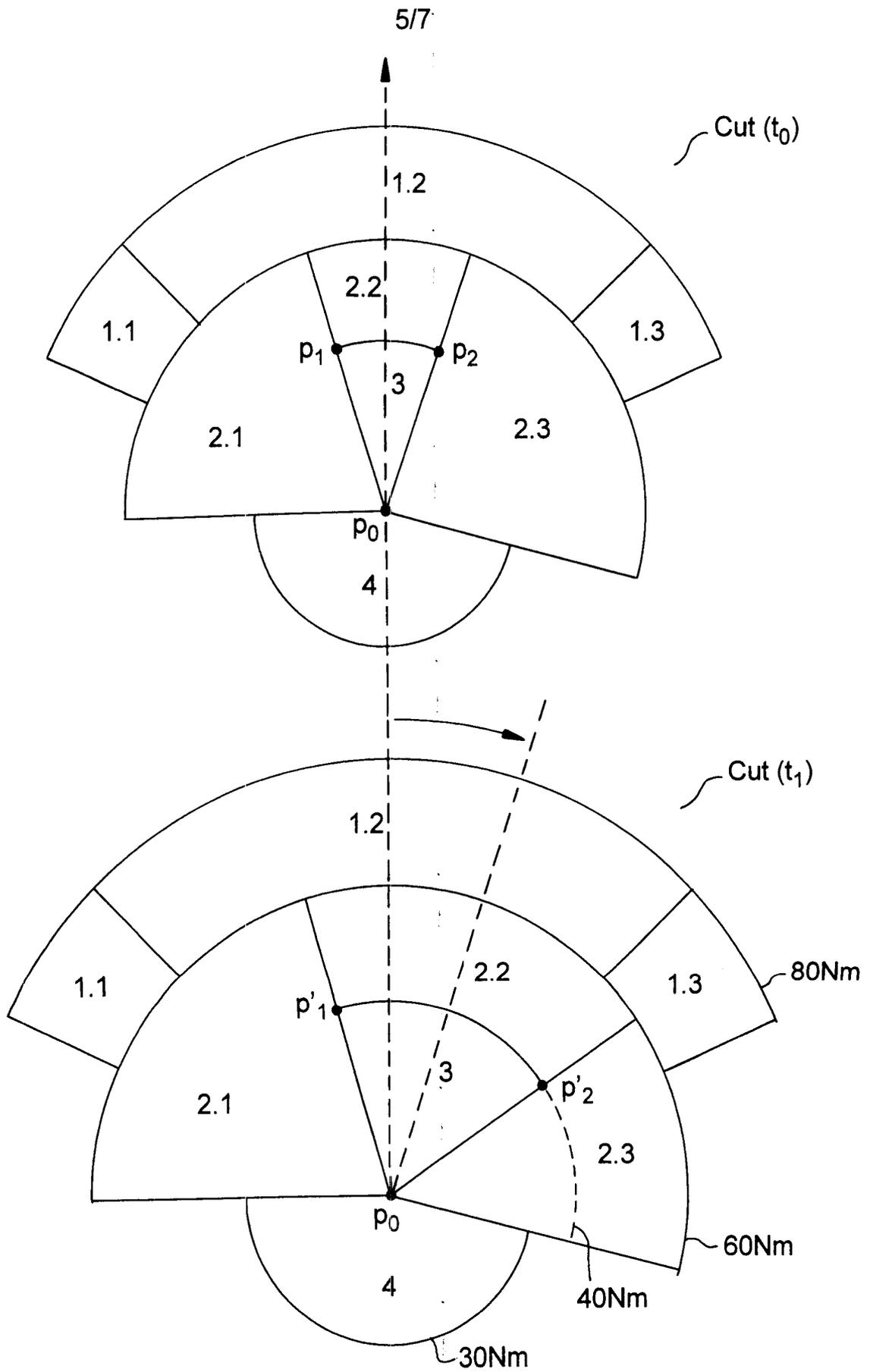


FIG.6

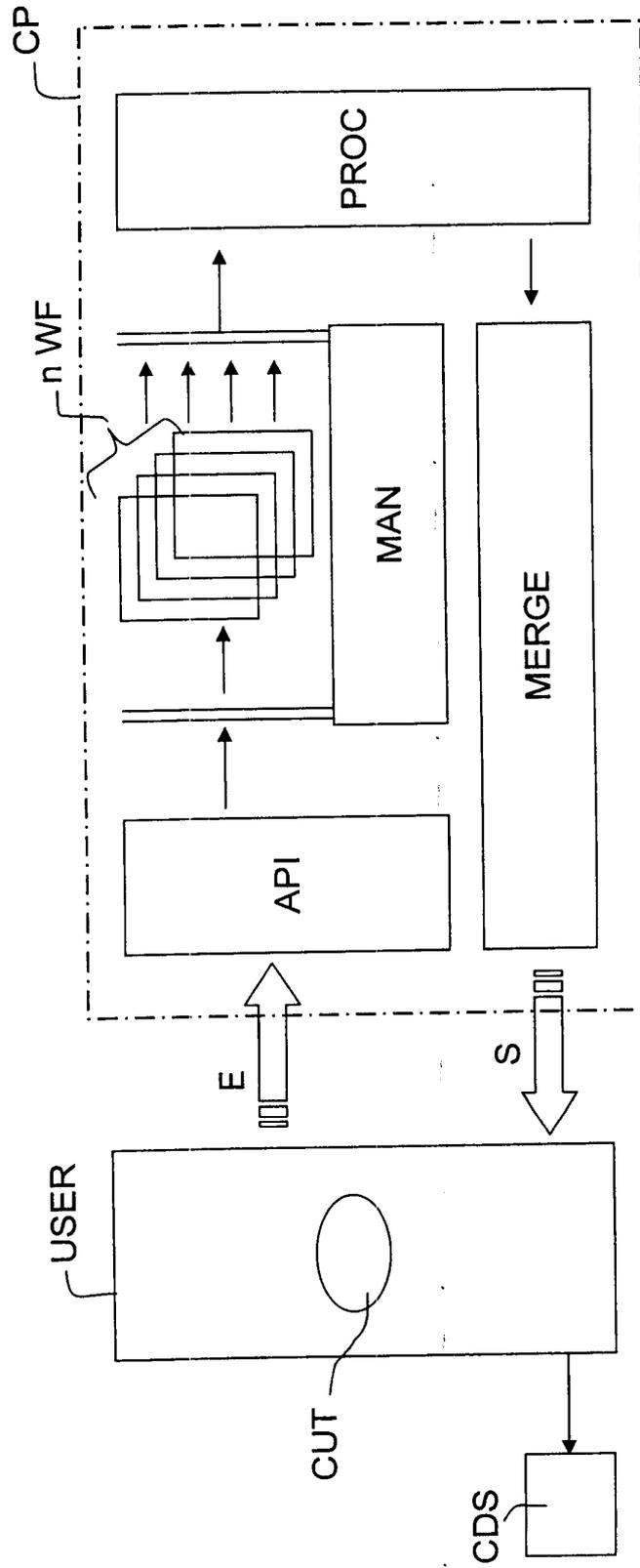


FIG.7

717

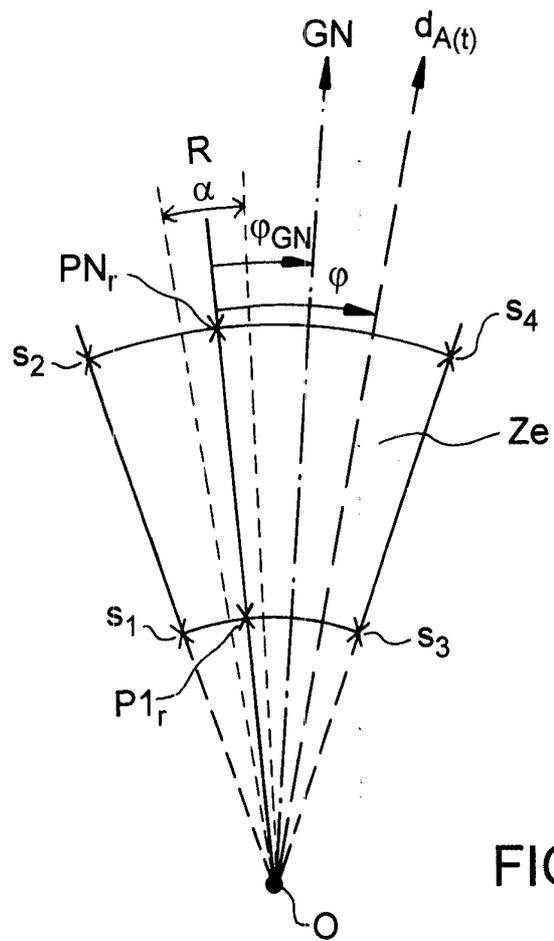


FIG. 8a

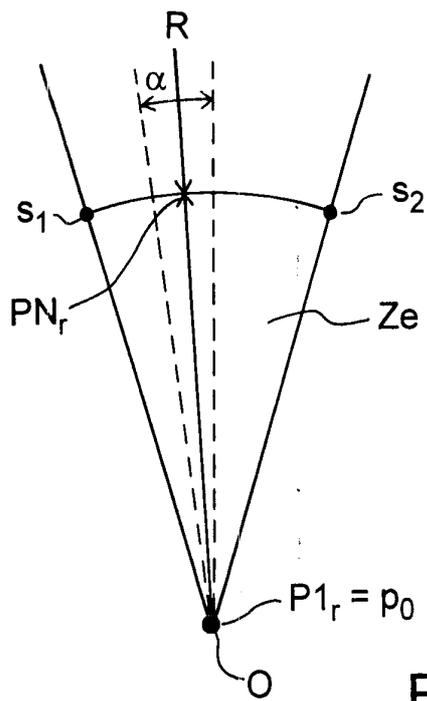


FIG. 8b



**RAPPORT DE RECHERCHE  
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement  
national

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

FR 690169  
FR 0701029

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
A	EP 0 928 952 A (DASSAULT ELECTRONIQUE [FR]) 14 juillet 1999 (1999-07-14) * alinéas [0073] - [0136]; figures 1-11 *	1	G01C21/00 B64D45/00
A	FR 2 813 963 A (THOMSON CSF [FR]) 15 mars 2002 (2002-03-15) * page 13, ligne 23 - page 39, ligne 15; figures 1-9 *	1	
A	FR 2 623 631 A (TRT TELECOM RADIO ELECTR [FR]) 26 mai 1989 (1989-05-26) * le document en entier *	1	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			G01C B64D G05D G01S
		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
		28 novembre 2007	Fourrichon, Paul
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons ..... & : membre de la même famille, document correspondant	
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire			

1  
EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0701029 FA 690169**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **28-11-2007**

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 0928952      A	14-07-1999	CA      2256874 A1	12-07-1999
		FR      2773609 A1	16-07-1999
		JP      11259799 A	24-09-1999
		RU      2211489 C2	27-08-2003
		UA      61915 C2	15-09-2000
		US      6088654 A	11-07-2000
FR 2813963      A	15-03-2002	CA      2390230 A1	14-03-2002
		EP      1316004 A2	04-06-2003
		WO      0221229 A2	14-03-2002
		US      2003107499 A1	12-06-2003
FR 2623631      A	26-05-1989	DE      3887667 D1	17-03-1994
		DE      3887667 T2	19-05-1994
		EP      0322005 A1	28-06-1989
		US      4912474 A	27-03-1990