

①2

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 08.12.89.

③0 Priorité :

④3 Date de la mise à disposition du public de la demande : 14.06.91 Bulletin 91/24.

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

⑥0 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

⑦1 Demandeur(s) : *Etablissement Public dit: CHARBONNAGES DE FRANCE — FR.*

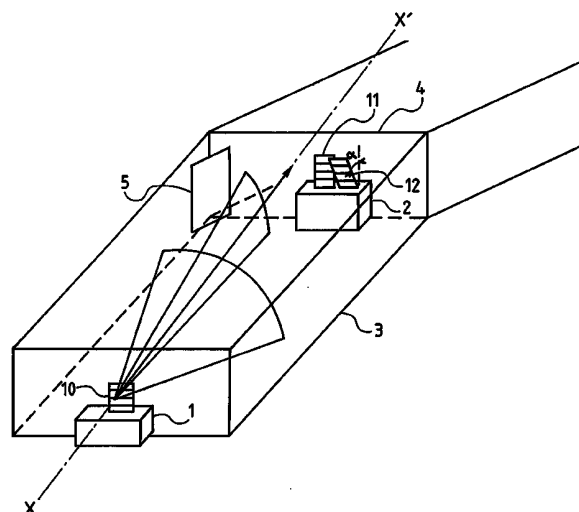
⑦2 Inventeur(s) : Charpentier Dominique, Degaugue Pierre, Degardin Daniel et Baudet Jacques.

⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire : Rinuy, Santarelli.

⑤4 Procédé et dispositif de transmission de signaux vidéo en milieu confiné.

⑤7 En une zone d'émission (1) on émet dans un milieu confiné par faisceau hertzien, un signal porteur hyperfréquence, modulé par un signal vidéo dont on connaît la fréquence et le format d'un signal de synchronisation ligne. En une zone de réception on capte deux signaux reçus selon deux axes privilégiés décalés angulairement, on démodule en fréquence chacun de ces signaux selon des voies de traitement identiques, on vérifie l'existence dans le signal issu de l'une des voies, dite voie de départ, d'un signal périodique de fréquence égale à la fréquence de synchronisation ligne et on sélectionne ce signal tant que ce test est vérifié. En cas de disparition du signal périodique, on applique ce test à l'autre voie; si il est vérifié, on sélectionne cette autre voie jusqu'à disparition de ce signal périodique, et ainsi de suite. Un tel procédé s'applique notamment dans un tunnel.



L'invention concerne la transmission de signaux vidéo dans les milieux confinés, tels que des tunnels et des galeries de mines.

Une telle transmission vidéo est par exemple
5 utilisée dans les systèmes de télésurveillance de l'environnement ou d'un mobile qui se déplace dans un environnement perturbé et mal défini, dans le but de visionner et de guider un mobile ou de le commander ; il peut s'agir notamment de la transmission d'informations et de la
10 télécommande d'une machine dans un tunnel minier, un tunnel d'égout ou plus généralement un tunnel dont les dimensions sont de l'ordre de 1 à 10 mètre(s). On appréciera qu'il s'agit ici d'une transmission à haut débit, de type analogique.

15 Jusqu'à présent, la transmission en tunnel de tels signaux vidéo, pour des communications à grande bande passante entre le mobile et un équipement fixe (au moins fixe temporairement) du tunnel, a été établie à l'aide de structures rayonnantes ; il s'est agi par exemple de
20 câbles coaxiaux fonctionnant dans la bande de fréquence 200-900 Mhz ou de guides d'ondes hyperfréquence rayonnant pour des fréquences supérieures à 1 Ghz. On a obtenu ainsi une transmission continue entre un émetteur mobile se déplaçant au voisinage du guide, et un récepteur situé à
25 l'extrémité du guide d'ondes. Un tel système de communication est bidirectionnel puisque le guide d'ondes permet aussi une transmission depuis l'équipement fixe portant le récepteur jusqu'à l'équipement mobile portant l'émetteur.

Ces systèmes connus ont toutefois l'incon-
30 vénient d'exiger que l'équipement mobile reste à proximité immédiate du guide d'ondes (moins d'un mètre environ) si l'on veut tirer profit de l'homogénéité du champ. En outre, et surtout, ces systèmes ont l'inconvénient majeur de nécessiter la pose préalable de structures rayonnantes qui
35 constituent une infrastructure lourde. De ce fait, le système de transmission est figé et est dépourvu de toute

souplesse d'adaptation.

L'invention vise à pallier ces inconvénients grâce à la mise au point d'une transmission vidéo par faisceau hertzien établissant une communication permanente
5 avec un équipement mobile ayant une position quelconque dans un tunnel, cette communication restant en permanence de bonne qualité malgré les fluctuations du signal reçu résultant des nombreuses réflexions susceptibles d'intervenir sur les parois du tunnel et la présence le plus
10 souvent d'obstacles métalliques entre l'émetteur et le récepteur, ainsi que les atténuations provenant des coudes ou bifurcations existant dans le tunnel.

Elle propose à cet effet un procédé pour la transmission en milieu confiné, entre des zones d'émission
15 ou de réception mobiles ou fixes, d'un signal vidéo formé d'une succession de signaux de ligne d'image vidéo commençant par un signal de synchronisation de format connu, de périodicité connue correspondant à une fréquence connue de synchronisation de ligne, caractérisé en ce qu'en
20 la zone d'émission on module avec ce signal vidéo un signal porteur de fréquence comprise dans la gamme des hyperfréquences, on émet par faisceau hertzien ce signal porteur modulé vers la zone de réception, on capte en
cette zone de réception deux signaux reçus selon deux axes
25 privilégiés décalés angulairement, on démodule en fréquence chacun de ces signaux reçus selon deux voies identiques de traitement, on commence par appliquer à un équipement de formation d'image le signal reçu démodulé sortant de l'une prédéterminée des deux voies dite voie initiale tant qu'on
30 y détecte l'existence d'un signal périodique de fréquence égale à la fréquence de synchronisation de ligne vidéo, puis on change de voie lorsque ce signal périodique disparaît dans cette voie mais est détecté sur l'autre voie, et ainsi de suite.

35 Ainsi la caractéristique essentielle de l'invention consiste à réaliser une discrimination rapide

de l'image consistant à tester ligne par ligne l'existence du signal de synchronisation. Cela permet une nette amélioration de l'image reconstituée à partir des signaux reçus dans la zone de réception ; de plus, même en cas de
5 fluctuations importantes, étant donné le temps de réponse très court (temps de réponse d'une ligne pour commuter d'une voie à l'autre), on ne perd jamais qu'un nombre limité de lignes, ce qui peut en pratique ne même pas être perceptible. Cela est bien meilleur qu'une discrimination
10 fondée sur la comparaison des amplitudes de signaux selon les deux voies.

Cette faible sensibilité aux fluctuations est encore améliorée du fait du décalage angulaire entre les axes suivant lesquels on capte les signaux pour les deux
15 voies de traitement.

Selon des dispositions préférées de ce procédé :

- lorsqu'à un instant donné aucun signal périodique de fréquence égale à la fréquence de synchronisation ligne
20 vidéo n'est détecté, ni dans le signal appliqué à l'équipement de formation d'image, ni dans l'autre signal, on continue à appliquer ce même signal appliqué jusqu'à cet instant,
- lorsqu'à un instant donné aucun signal périodique de
25 fréquence égale à la fréquence de synchronisation n'est détecté dans aucun des signaux reçus démodulés, on applique à l'équipement de formation d'image le signal sortant de la voie initiale,
- la fréquence du signal porteur est comprise entre 1 et
30 30 Ghz, de préférence entre 1 et 10 Ghz,
- cette fréquence du signal porteur est d'environ 2,5 Ghz,
- ledit milieu confiné étant un tunnel allongé selon un axe, les signaux émis et captés ont une polarisation électrique parallèle à cet axe,
- 35 - le décalage angulaire entre les axes privilégiés, fixe ou variable, est compris entre 15 et 45°,

- ce décalage est d'environ 20° ,
- le milieu confiné étant un tunnel, les axes privilégiés sont décalés transversalement au tunnel,
- pour démoduler en fréquence les signaux reçus sur chacune
5 des deux voies, on mélange ceux-ci avec un signal hyperfré-
quence de démodulation de fréquence différant de la
fréquence du signal porteur d'une valeur déterminant une
fréquence intermédiaire comprise entre 30 et 300 Mhz., et
on filtre par un filtre passe-bas les signaux mélangés
10 ainsi obtenus sur chaque voie en sorte d'atténuer dans le
spectre de ces signaux mélangés les pics correspondant aux
hyperfréquences du signal porteur et du signal de démodula-
tion.

Pour la mise en oeuvre de ce procédé l'inven-
15 tion propose en outre un dispositif de transmission
comportant un émetteur et un récepteur adapté à la
transmission en milieu confiné d'un signal vidéo formé
d'une succession de signaux de ligne d'image vidéo
commençant par un signal de synchronisation de format
20 connu et de périodicité connue correspondant à une
fréquence connue de synchronisation de ligne, caractérisé
en ce que l'émetteur comporte un oscillateur hyperfréquence
générant un signal porteur à une entrée duquel le signal
vidéo est appliqué en tant que signal de modulation, un
25 amplificateur hyperfréquence appliqué à la sortie de cet
oscillateur, et une antenne d'émission connectée à la
sortie de cet amplificateur hyperfréquence, et en ce que le
récepteur comporte deux antennes de réception ayant des
diagrammes de rayonnement admettant des axes privilégiés
30 décalés angulairement, deux voies de démodulation con-
nectées à la sortie de ces antennes, et un étage de
traitement comportant un circuit de discrimination et un
circuit commandable de commutation de voies adapté à
fournir en sortie le signal démodulé issu de l'une ou
35 l'autre des voies, ce système de discrimination étant
adapté à tester l'existence, dans l'un quelconque des

signaux issus des deux voies, d'un signal à la fréquence connue de synchronisation de ligne et, en l'absence de celui-ci, à commander une commutation entre les voies par le circuit commandable de commutation de voies.

5 Selon des dispositions préférées de ce dispositif :

- le circuit de discrimination est connecté à la sortie de chacune des deux voies, et à deux entrées du circuit commandable de commutation des voies et à deux bornes de
10 commutation de celui-ci,
- l'oscillateur hyperfréquence est à une fréquence choisie entre 1 et 30 Ghz, de préférence entre 1 et 10 Ghz,
- cet oscillateur hyperfréquence est à une fréquence d'environ 2,5 Ghz,
- 15 - les antennes de réception, identiques, sont des antennes électriques à polarisation linéaire, disposées dans des plans décalés angulairement,
- le milieu confiné étant un tunnel allongé selon un axe, ces antennes sont polarisées parallèlement à la plus grande
20 dimension transversale de ce tunnel,
- ce dispositif comporte un plan réflecteur métallique dans un coude ou une bifurcation de ce tunnel,
- l'émetteur comporte une caméra générant le signal vidéo à transmettre,
- 25 - le récepteur ou/et l'émetteur est/sont mobile(s),
- les antennes de réception sont décalées angulairement d'un angle compris entre 15 et 45°,
- les antennes de réception sont décalées angulairement d'un angle de 20° environ,
- 30 - le milieu confiné étant un tunnel allongé suivant un axe, l'antenne d'émission et l'une des antennes de réception sont orientées parallèlement à cet axe,
- chaque voie du récepteur comporte un amplificateur hyperfréquence à faible bruit, un mélangeur recevant un
35 même signal hyperfréquence de démodulation de fréquence différent de la fréquence de l'oscillateur du récepteur

d'une valeur déterminant une fréquence intermédiaire comprise entre 30 et 300 Mhz, un filtre passe-bas adapté à cette fréquence intermédiaire, et un démodulateur de fréquence,

- 5 - ledit démodulateur de fréquence comporte un étage de compression de signal et un étage démodulateur à boucle à verrouillage de phase ou PLL (en anglais Phase Lock Loop),
- le récepteur comporte un oscillateur de démodulation connecté à un diviseur de puissance connecté aux mélangeurs
10 de chaque voie.

Des objets, caractéristiques et avantages de l'invention ressortent de la description qui suit, donnée à titre d'exemple non limitatif, en regard des dessins annexés sur lesquels :

- 15 - la figure 1 est un schéma du signal associé à une ligne d'une image à transmettre ;
- la figure 2 est un schéma synoptique d'un ensemble émetteur-récepteur conforme à l'invention disposé dans un tunnel ;
20 - la figure 3 est un schéma d'une antenne adaptée à équiper aussi bien l'émetteur que le récepteur ;
- la figure 4 est un schéma de principe de l'émetteur ;
- la figure 5 est un schéma de principe du
25 récepteur ;
- la figure 6 est le circuit du démodulateur de chaque voie du récepteur ;
- la figure 7 est un enregistrement comparant une portion du signal vidéo de la caméra du récepteur avec
30 la portion correspondante du signal démodulé à la sortie du démodulateur de la figure 6 ;
- la figure 8 est un synoptique du circuit de commutation des voies ;
- la figure 9 est un exemple de synoptique du
35 circuit de discrimination associé au circuit de la figure 8 ; et

- la figure 10 schématise l'algorithme de test.

La figure 1 représente schématiquement la forme au cours du temps d'une ligne d'image vidéo en noir et blanc.

5 Dans l'exemple considéré (qui est classique), chaque ligne L dure 64 μ s et commence par un signal SS de synchronisation suivi d'un signal d'information de ligne SL. Ce signal de synchronisation est ici un signal, en créneau, formé d'un signal négatif S- de durée prédéterminée (par exemple 4,7 μ s) suivi d'un signal nul. Le signal
10 d'information de ligne est un signal analogique dont l'amplitude (tension) varie entre un niveau minimum (OV) correspondant au noir maximum et un niveau maximum (ici 0,7 V) correspondant au blanc maximum ; ce signal SL dure
15 ici 54 μ s.

Une image complète est formée d'un grand nombre de lignes (par exemple 625 lignes) ; ce nombre est bien sûr déterminé par la source (caméra) qui prend ces images.

Selon l'invention, la transmission d'une image
20 entre deux zones d'un tunnel 3 se fait par faisceau hertzien hyperfréquence (entre 1 et 30 Ghz), depuis un émetteur 1 jusqu'à un récepteur 2. Dans l'exemple considéré, l'émetteur 1 est fixe et le récepteur 2 est un mobile que l'on cherche à suivre.

25 Le tunnel peut être assimilé à un guide d'ondes surdimensionné présentant une certaine rugosité ; il est en général plus large que haut (par exemple 4 m x 2,5 m). Une étude statistique de ce "canal" de transmission permet d'évaluer deux paramètres, qui sont l'atténuation linéique
30 et la densité de fluctuations. Le choix, comme support de transmission, d'une onde à hyperfréquence d'environ 2,5 Ghz permet d'obtenir une portée supérieure à 100 mètres, l'image transmise restant de bonne qualité malgré de nombreux évanouissements de signal. Un coude ou une
35 bifurcation 4 du tunnel induit une forte atténuation du signal reçu, mais celle-ci peut être notablement réduite si

l'on dispose dans ce coude ou cette bifurcation un plan réflecteur 5 (par exemple une tôle en acier inoxydable de 2 mètres par 2 mètres ou tout autre réflecteur passif). Toutefois l'invention s'applique de préférence à des tunnels rectilignes ou à très grand rayon de courbure.

Un des points de l'invention réside dans le fait d'utiliser deux antennes de réception très proches l'une de l'autre et dans le fait que la décorrélation s'effectue non pas par un décalage important entre les antennes mais par l'utilisation de diagrammes de rayonnements différents.

Ainsi l'émetteur 1, dont la structure sera précisée plus loin, comporte une antenne 10 tandis que, selon cette caractéristique importante de l'invention, le récepteur 2, dont la structure sera également précisée plus loin, comporte deux antennes 11 et 12 présentant un angle de dépointage α , par exemple égal à 20° environ. Le dépointage peut être réalisé soit, comme à la figure 2, en utilisant deux antennes identiques orientées différemment, soit (cas non représenté) à l'aide de deux antennes coplanaires mais dont les diagrammes de rayonnement ont des axes privilégiés qui font un angle α . Ce dernier cas correspond à une structure plus compacte et assez simple à réaliser industriellement dans son ensemble. Dans l'exemple représenté l'une, 11, des antennes est orientée selon l'axe X-X du tunnel (ou du tronçon de tunnel dans lequel se trouve le récepteur 2), en direction du récepteur.

Ces antennes 10, 11 et 12 sont avantageusement identiques. Ce sont de préférence des antennes électriques à polarisation linéaire réalisées sur circuit plaqué (par exemple sur un substrat d'époxy de 1,6 mm. d'épaisseur et de grandeur $\epsilon_r = 4,7$).

Une représentation schématique d'une telle antenne 10, 11 ou 12 est donnée à la figure 3.

Cette antenne 10 est constituée de plusieurs éléments rayonnants connus en soi a, b, c et d. De tels

éléments ont déjà été étudiés par de nombreux auteurs, par exemple dans "MICROSTRIP ANTENNAS", de I.J. BAHHL et P. BHARTIA édité par ARTECH HOUSE 1980. Chaque élément (parfois appelé "microstrip patch") comporte un fin ruban
5 par les extrémités duquel il rayonne. Le fait de multiplier le nombre d'éléments permet d'augmenter le gain de l'antenne et de définir sa directivité.

Des études ont montré qu'il était préférable de disposer l'antenne en sorte qu'elle soit polarisée
10 parallèlement à la plus grande dimension du tunnel, ainsi que cela est représenté à la figure 2.

Dans l'exemple de la figure 3, chaque élément a une impédance de 100 Ohms au centre. Pour adapter les quatre éléments sur 50 Ohms il a été nécessaire de prévoir
15 un tronçon d'adaptation 14 d'impédance de 35 Ohms entre l'entrée 13 et une bande 15 de liaison à chacune des paires d'éléments a et b, c et d, les éléments de chaque paire étant reliés l'un à l'autre par une bande 16 ou 16'. Des
20 pattes (en anglais "stub" d'adaptation) 17 ou 17' peuvent être prévues pour supprimer la partie imaginaire de l'impédance d'entrée de l'antenne. A titre d'exemple les bandes 14, 15 et 16 ou 16' ont respectivement des largeurs de 5 mm, 2,8 mm et 1 mm et les éléments ont un format de 35 mm x 27 mm.

25 Dans cet exemple de quatre éléments (distants dans le plan vertical de la demi-longueur d'onde de la fréquence porteuse), l'ouverture à mi-puissance de l'antenne 10 est, d'après des mesures en chambre anéchoïde, d'environ 20-25° dans le plan vertical et de 65-70° dans le
30 plan horizontal.

On a constaté qu'une telle antenne est adaptée sur 38 Mhz autour de 2,51 Ghz pour un taux d'ondes stationnaires (en abrégé TOS) de 1,2 ; cette large bande
35 passante explique ce choix pour la fréquence porteuse dans le mode de réalisation proposé ici. Cela permet le cas échéant la transmission de plusieurs canaux de caméra

(télévision), un canal occupant un spectre d'environ 6 Mhz.

Un schéma de principe de l'émetteur 1 est donné à la figure 4.

Cet émetteur 1 est constitué de six modules, à
5 savoir :

- une caméra 20 de type CCD (circuit à couplage de charge ce qui se traduit en anglais par Charge Coupled Device),
- un amplificateur vidéo 21 à 6 Mhz de bande passante,
- un oscillateur hyperfréquence 22 réglé à la fréquence
10 précitée de 2,5 Ghz,
- un amplificateur de puissance hyperfréquence 23 à cette même fréquence de 2,5 Ghz,
- un circuit d'alimentation 24,
- et l'antenne 10 précitée.

15 La caméra 20 a par exemple la référence CTS 01 de chez PHILIPS avec 604 lignes de 588 points en mode entrelacé ; sa sortie est de 1 Vcc en vidéo composite pour une impédance de 75 Ohms, sa consommation est de 200 mA sous 12 V et sa sensibilité est de 0,05 lux.

20 L'amplificateur vidéo 21 est optionnel ; il sert si nécessaire à adapter le signal vidéo de la caméra 20 à l'entrée de modulation de l'oscillateur 22. Dans le cas considéré ici, cet amplificateur, s'il existe, est adapté 75 Ohms et sort un signal de 1 V (norme CCIR) et sa
25 bande passante est de 5 Mhz.

L'oscillateur hyperfréquence 22 émet un signal de sortie modulé par le signal vidéo de la caméra 20 éventuellement amplifié par l'ampli vidéo 21. Il s'agit ici d'un oscillateur à 2,5 Ghz de la Société A.D.E. et de type
30 ASY 2200-2500 (programmable) ; sa consommation est de 200 mA sous 15 V et sa puissance de sortie est de 10 dBm. Une telle source synthétisée est par exemple déjà utilisée dans les courses automobiles pour les retransmissions vidéo des voitures de Formule 1. La mise au point de l'antenne 10 a
35 permis d'adapter cette source hyperfréquence particulière à la transmission en tunnel.

L'amplificateur hyperfréquence 23 est ici de type AFD2-020040-25 P de la Société MITEQ ; il a un gain de 15 dB et une puissance de sortie de 25 dBm avec 130 dB/ μ V ; il consomme 380 mA sous 15 V.

5 La puissance d'émission de l'antenne 10 est de 300 mW.

De manière à rendre portable l'émetteur 1, le bloc d'alimentation 24 y a été intégré. Il comporte une batterie 12 V-6,5 A.h, ainsi qu'un convertisseur continu-
10 continu 12 V-15 V avec 800 mA pour l'alimentation des modules 22 et 23. De préférence, chacun des modules 20 à 23 est alimenté au travers d'un convertisseur continu-continu ce qui permet de découpler les masses de ces modules par rapport à la masse de la batterie. Un circuit de test est
15 prévu pour interrompre l'alimentation de ces modules lorsque la batterie est déchargée. Un système de charge à courant constant est avantageusement intégré à ce bloc d'alimentation. Le principe et la structure des divers composants précités de ce bloc d'alimentation sont connus
20 en soi et il est dans la compétence normale de l'homme de métier de les assembler pour réaliser ce bloc. Celui-ci ne sera donc pas détaillé plus avant.

Soit S1 le signal rayonné par l'antenne 10.

La structure générale du récepteur 2 est donnée
25 à la figure 5.

Ainsi qu'on l'a vu ce récepteur comporte deux antennes 11 et 12 ne différant que par l'orientation de leur direction privilégiée de réception. On notera S2 et S2' les signaux captés par ceux-ci.

30 Une autre possibilité serait d'utiliser deux antennes éloignées d'au moins dix fois la longueur d'onde de la fréquence porteuse afin d'assurer une bonne décorrélation des signaux reçus par ces antennes, mais ceci est au prix d'un encombrement important (environ 1,2m)

35 Ces deux antennes constituent l'entrée de deux voies identiques parallèles A et B aboutissant à un circuit

de discrimination 40 et à un circuit de commutation de voie 41.

Dans son ensemble, le récepteur 2 peut se décomposer en une partie à hyperfréquence I, une partie à 5 fréquence intermédiaire II et une partie numérique et électronique à basse fréquence III.

La partie hyperfréquence comporte un oscillateur local 30 et un diviseur de puissance 31 et, pour chacune des voies A et B, l'antenne 11 ou 12, un amplificateur à faible bruit 32 ou 33, et un mélangeur hyperfré- 10 quence 34 ou 35 raccordé à l'oscillateur local 30 par l'intermédiaire du diviseur de puissance 31.

Les amplificateurs à faible bruit 32 et 33 sont des constituants essentiels du récepteur 2 puisqu'ils 15 déterminent la sensibilité de ce dernier. En fait, cette sensibilité est limitée par le bruit thermique du récepteur. Il s'agit par exemple d'un amplificateur hyperfréquence de type AFD3-024026-18 de chez MITEQ avec un gain de 30 dB pour un facteur de bruit de 1,8 dB dans la gamme 20 d'hyperfréquences 2,4 à 2,6 Ghz, et avec une puissance de sortie de 10 dBm ; il consomme 108 mA sous 15 V.

En fait, l'optimum pour de tels amplificateurs (identiques) est un faible bruit combiné à un point de compression aussi élevé que possible.

25 L'oscillateur local 30 génère un signal hyperfréquence, destiné à être partagé entre les deux voies avec une puissance du même ordre de grandeur que les signaux issus des amplificateurs faible bruit 32 et 33, et avec une hyperfréquence différant de celle du signal émis 30 Si d'une valeur définissant une fréquence intermédiaires (quelques dizaines à quelques centaines de Mhz, à savoir de préférence entre 30 et 300 Mhz) sur laquelle se poursuivra le traitement. Il s'agit par exemple d'un oscillateur hyperfréquence de la série FAM de MITEQ, 35 verrouillé en phase et dont la fréquence est ajustable mécaniquement ; celle-ci a été ici choisie égale à 2,2 Ghz.

Sa puissance de sortie de 13 dBm est suffisante pour, après division par le module 31, faire fonctionner les mélangeurs 34 et 35 dans de bonnes conditions.

Le diviseur de puissance est adapté en son entrée et sur ses deux sorties de manière que les signaux de sortie S3 et S3', appliqués aux mélangeurs, soient de même amplitude égale à la moitié du signal d'entrée et avec la même phase. Il s'agit par exemple d'un diviseur de WILKINSON, tel que décrit par exemple dans "Conception des
10 Circuits Micro-Ondes" de T.C. EDWARDS édité par MASSON-1984. Dans l'exemple considéré ce circuit est constitué, sur un substrat d'époxy, d'une ligne à 50 Ohms qui se sépare en deux lignes à 75 Ohms formant des tronçons de longueur égale au quart de la longueur d'onde associée à
15 l'oscillateur 30 ; ce circuit est ainsi à bande étroite (de l'ordre de 10 % c'est-à-dire d'environ 200 Mhz).

Les mélangeurs 34 et 35 sont des modules à faible pertes de conversion et de bonne isolation. Il s'agit par exemple de mélangeurs large bande (2-12,4 Ghz)
20 de type HMXR-5001 de HEWLETT PACKARD, du type double équilibré ; les pertes de conversion sont de l'ordre de 8 dB à 2,5 Ghz. Le taux d'ondes stationnaires en entrée est assez important. C'est un module qui répond aux normes militaires.

25 Les spectres en sortie des mélangeurs correspondant au produit S4 ou S4' du signal issu de l'amplificateur 32 ou 33 et de l'oscillateur local à 2,2 Ghz comportent des raies à 2,5 Ghz et 2,2 Ghz ainsi qu'à la fréquence d'environ 300 Mhz qui correspond à leur dif-
30 férence.

C'est sur cette dernière fréquence, dite fréquence intermédiaire, que se poursuit le traitement de signal, dans la partie II du récepteur.

Cette partie à fréquence intermédiaire comporte
35 pour chaque voie un filtre passe-bas 36 ou 37 et un démodulateur 38 ou 39.

Les filtres 36 et 37 ont pour objet de ne retenir dans le spectre de sortie des mélangeurs que la fréquence intermédiaire.

Ces filtres ont une bonne réponse en temps de propagation de groupe. Ils sont de préférence réalisés selon un prototype de BUTTERWORTH d'ordre 5, tel que cela est décrit par exemple dans "Filtre Actif" de P. BILSTEIN - Editions Radio ou dans "Les micro-ondes" de R. BADOUAL édité par MASSON-1980. La fréquence de coupure à -3dB est de 500 Mhz et l'atténuation est de 30 dB à 1 Ghz.

Chaque filtre est réalisé en structure époxy, ce qui permet une grande reproductibilité et ne nécessite aucun composant ; trois capacités en série ont été constituées par le circuit imprimé et le plan de masse, et deux selfs intermédiaires ont été matérialisées par la longueur des lignes de propagation. Un tel filtre est symétrique du fait de l'ordre impair ; il est adapté sur 50 Ohms avec des pertes de 2 dB.

Les démodulateurs 38 et 39 sont tels que leur dynamique soit importante et que leur temps de réponse soit très rapide. Pour cela, une démodulation par compression de niveau a été préférée à une démodulation classique par contrôle automatique de gain (C.A.G.) pour laquelle peuvent apparaître des risques d'oscillations dans cette gamme de fréquences intermédiaires. Une telle compression de niveau est bien adaptée aux fréquences intermédiaires élevées et permet d'avoir une dynamique de 60 dB pour un temps de réponse extrêmement rapide (le temps de réponse d'un amplificateur logarithmique peut être de l'ordre de la nanoseconde).

En fait, le choix de la structure du démodulateur 38 ou 39 dépend du choix de la fréquence intermédiaire et donc de la fréquence de l'oscillateur, et vice-versa. C'est ainsi que dans le cas présent, la fréquence intermédiaire a été choisie de 300 Mhz pour pouvoir utiliser des composants classiques de la Société PLESSEY

dans le circuit de la figure 6.

Plus précisément, le circuit 38 (identique à celui du démodulateur 39) comporte un étage de compression de signal 38 A et un étage 38 B de démodulation proprement dite.

L'étage 38A (ou 39A) est constitué de deux amplificateurs limiteurs SL 952 en série.

L'étage 38B (ou 38 A) comporte le composant SL 1452 de PLESSEY du type PLL qui est facile à mettre en oeuvre. Un circuit résonnant de type bouchon avec notamment une self de 95 nF complète ce composant (circuit accordé sur 75 Mhz, $Q = 10$).

Les condensateurs et les résistances sont réalisés par la technologie CMS (c'est-à-dire composants montés en surface).

Le circuit de la figure 6 est accordé sur 300 Mhz et démodule un signal entre -43 dBm (64 dB/ μ V) et 15 dBm, soit une dynamique propre du circuit de 58 dB.

L'ensemble consomme 400 mA sous 5 V.

On notera S5 et S5' les signaux de sortie des démodulateurs.

L'examen des deux courbes S0 (sortie de la caméra 20) et S5 de la figure 7 révèle une très bonne restitution par le circuit de démodulation du signal S0 directement issu de la caméra 20.

Ces signaux démodulés S5 et S5' issus des voies A et B sont appliqués à la partie III du récepteur qui est destinée à optimiser la formation d'une image à partir de ces signaux grâce à l'usage d'un test approprié de discrimination adapté à atténuer les conséquences d'éventuels évanouissements temporaires de l'un ou l'autre de ces signaux.

Cette partie III comporte un circuit de discrimination 40 (incluant en pratique un étage de remise en forme) qui procède à des tests (au moins un test) de discrimination sur les signaux S5 et S5' issu des circuits

38 et 39 et remis en forme puis envoyés au circuit de commutation de voies 41 qui agit en fonction des résultats des tests pour envoyer l'une des voies sur un élément de formation d'image (signal S7).

5 Selon l'invention, le circuit de discrimination teste l'existence du signal de synchronisation ligne au début de chaque ligne.

 Le circuit 41 de commutation des voies est représenté à la figure 8. Il est assimilable à une porte
10 analogique qui comporte des bornes C1 et C2 commandées par le circuit de discrimination en fonction du (ou des) test(s) appliqué(s) au signal de sortie issu de l'étage de remise en forme. Cette porte analogique admet deux états correspondant à la sélection du signal de l'une ou l'autre
15 des voies A ou B.

 Cette porte analogique est par exemple le composant DG 303 de NATIONAL SEMICONDUCTOR, commandé par des signaux logiques de 5 V appliqués en C1 et C2 par le circuit de discrimination.

20 Dans l'exemple considéré les signaux S5 et S5' issus des démodulateurs sur les voies A et B sont des signaux vidéo d'amplitude 200 mV avec un décalage ("offset" en anglais) de 2 V. Ils sont en vidéo inversée.

 Le circuit de discrimination 40 est représenté
25 de façon schématique à la figure 8 : il comporte deux étages de remise en forme 44 et 44' réalisés par deux circuits LM 1201 de NATIONAL SEMICONDUCTOR, et deux étages 45 et 45' de restitution des signaux de synchronisation ligne et image, un microprocesseur (ou microcontrôleur) 46,
30 un étage 47 de commande en verrouillage et de mise en mémoire et une entrée 48 de remise à zéro. Il en sort des signaux de commande destinés aux bornes C1 et C2 du circuit de commutation.

 A titre d'exemple les circuits 45 sont des
35 composants LM 1811 de NATIONAL SEMICONDUCTOR, le stockage d'état est assuré par un composant 74 HC 373 de NATIONAL

SEMICONDUCTOR et la commande de verrouillage et la mémoire sont constitués par une ROM 27 HC 128.

Dans l'exemple représenté, le microcontrôleur 46 est le composant INTEL 80C31 (ou INTO 8031). Il admet
5 trois modes de réception : choix de l'une des voies A ou B, moyenne des deux voies, ou un régime optimisé (position "diversité") dans lequel on cherche à retenir à chaque instant la meilleure voie.

Les deux premiers modes de réception sont
10 classiques. Le troisième, qui est préconisé par l'invention, peut être précisé comme suit (voir la figure 10) :

La priorité est accordée a priori à l'une des voies, par exemple la voie A.

Le circuit de discrimination teste en permanence grâce à la combinaison des circuits 45 et 46,
15 l'apparition, dans le signal S6 issu du circuit de remise en forme 44, donc dans S5, des signaux de synchronisation de ligne (voir figure 1). Tant que ces signaux apparaissent (à la fréquence de 64 μ s dans l'exemple considéré) on garde
20 le choix de la voie A.

Par contre, en l'absence de signal de synchronisation dans les signaux S5 ou S6, le circuit de discrimination teste l'autre voie B par les étages 45' et 46 et, en présence d'un signal de synchronisation ligne
25 commande l'étage 41 pour commuter sur cette voie B.

Mais si à son tour cette seconde voie devient défaillante on revient sur la voie A et on recommence le processus.

Ainsi, si les deux voies sont défaillantes,
30 c'est la voie A qui est appliquée et on ne revient sur la voie B que si celle-ci redevient valide avant la voie A.

En fait, la difficulté pour la mise au point de cette discrimination a été de déterminer un bon critère de choix entre les deux voies de réception.

35 Le critère retenu a été défini en fonction :

- du signal reçu qui présente des fluctuations rapides, et

- des caractéristiques intrinsèques d'une image vidéo noir et blanc.

Selon l'invention, la discrimination se fait avec, comme critère de choix, le signal de synchronisation ligne, ce qui permet de tester périodiquement la qualité de l'image et de commuter entre deux lignes. Une image étant la superposition de 625 lignes, on constate une nette amélioration de l'image reçue par rapport à une transmission sans diversité. En effet, le circuit a un temps de réponse d'une ligne et il est synchronisé sur chaque début de ligne ; on ne perd donc qu'un certain nombre de lignes lors de fluctuations importantes, ce qui est préférable à la commutation par image complète.

De plus, ce circuit est de conception simple car le signal vidéo est constitué d'un signal de synchronisation trame et de la succession de lignes : en testant un signal de synchronisation répétitif toutes les 64 microsecondes au moins, il n'est pas nécessaire de dissocier la synchronisation trame de la synchronisation ligne ce qui simplifie l'algorithme et donc le temps calcul.

Il va de soi que la description qui précède n'a été proposée qu'à titre d'exemple non limitatif et que de nombreuses variantes peuvent être proposées par l'homme de l'art sans sortir du cadre de l'invention.

On appréciera que le récepteur a nécessité la réalisation de plusieurs modules, car il n'existe pas sur le marché de récepteur vidéo en diversité. Il est constitué de deux voies identiques, d'un circuit de discrimination et d'un circuit de commutation de voies.

Après remise en forme des signaux vidéo, le circuit de commutation sélectionne les signaux reçus sur chaque voie. Le récepteur peut donc être connecté sur une seule voie, faire la somme des signaux reçus, ou choisir la meilleure voie (diversité - c'est le choix préconisé par l'invention) afin de comparer l'apport d'une réception en diversité. Le choix de la meilleure voie est dans ce cas

réalisé par le circuit de discrimination.

Ce circuit est réalisé avec un microcontrôleur grâce auquel on peut modifier par logiciel les critères de tests (temps de scrutation ...).

5 En variante par rapport à la figure 10, on peut renoncer à toute priorité pour la voie A, qui devient simplement la voie de départ, une commutation n'étant commandée que pour passer à un signal contenant la fréquence de synchronisation ligne : cela évite des
10 commutations trop fréquentes et inutiles en cas de mauvaise réception généralisée temporaire. On peut aussi dans le cas de la figure 10, commander des changements de priorité entre les voies A et B. L'une des antennes de réception, de préférence celle qui n'est pas prioritaire, peut être à
15 balayage à scrutation spatiale, l'angle entre les axes privilégiés des antennes de réception devenant alors variable.

REVENDICATIONS

1. Procédé pour la transmission en milieu confiné, entre des zones d'émission ou de réception mobiles ou fixes, d'un signal vidéo formé d'une succession de signaux de ligne d'image vidéo commençant par un signal de synchronisation de format connu, de périodicité connue correspondant à une fréquence connue de synchronisation de ligne, caractérisé en ce qu'en la zone d'émission (1) on module avec ce signal vidéo un signal porteur de fréquence comprise dans la gamme des hyperfréquences, on émet (10) par faisceau hertzien ce signal porteur modulé vers la zone de réception (2), on capte en cette zone de réception deux signaux (S2, S2') reçus selon deux axes privilégiés décalés angulairement, on démodule en fréquence chacun de ces signaux reçus selon deux voies identiques de traitement (A, B), on commence par appliquer (41) à un équipement de formation d'image le signal reçu démodulé (S6) sortant de l'une prédéterminée des deux voies dite initiale tant qu'on y détecte (40) l'existence d'un signal périodique de fréquence égale à la fréquence de synchronisation de ligne vidéo, puis on change de voie lorsque ce signal périodique disparaît dans cette voie mais est détecté sur l'autre voie, et ainsi de suite.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que, lorsqu'à un instant donné aucun signal périodique de fréquence égale à la fréquence de synchronisation ligne vidéo n'est détecté, ni dans le signal appliqué à l'équipement de formation d'image, ni dans l'autre signal, on continue à appliquer ce même signal appliqué jusqu'à cet instant.

3. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que, lorsqu'à un instant donné aucun signal périodique de fréquence égale à la fréquence de synchronisation n'est détecté dans aucun des signaux reçus démodulés, on applique à l'équipement de formation d'image le signal sortant de la voie initiale.

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que la fréquence du signal porteur est comprise entre 1 et 30 Ghz.

5. Procédé selon la revendication 4, caractérisé en ce que cette fréquence du signal porteur est d'environ 2,5 Ghz.

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que ledit milieu confiné étant un tunnel (3) allongé selon un axe, on capte dans la zone de réception (2) les vibrations électriques des signaux issus de la zone d'émission (1) qui sont parallèles à cet axe.

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que le décalage angulaire entre les axes privilégiés, fixe ou variable, est compris entre 15 et 45°.

8. Procédé selon la revendication 7, caractérisé en ce que ce décalage est d'environ 20°.

9. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que, le milieu confiné étant un tunnel, les axes privilégiés sont décalés transversalement au tunnel.

10. Dispositif de transmission comportant un émetteur (1) et un récepteur (2) adapté à la transmission en milieu confiné (3) d'un signal vidéo formé d'une succession de signaux de ligne d'image vidéo commençant par un signal de synchronisation (SS) de format connu et de périodicité connue correspondant à une fréquence connue de synchronisation de ligne, caractérisé en ce que l'émetteur comporte un oscillateur hyperfréquence (22) générant un signal porteur à une entrée duquel le signal vidéo est appliqué en tant que signal de modulation, un amplificateur hyperfréquence (23) appliqué à la sortie de cet oscillateur, et une antenne d'émission (10) connectée à la sortie de cet amplificateur hyperfréquence, et en ce que le récepteur (2) comporte deux antennes de réception (11,

12) ayant des diagrammes de rayonnement admettant des axes privilégiés décalés angulairement, deux voies (A, B) de démodulation connectées à la sortie de ces antennes, et un étage de traitement (III) comportant un circuit de discrimination (40) et un circuit commandable de commutation de voies (41) adapté à fournir en sortie le signal démodulé issu de l'une ou l'autre des voies, ce système de discrimination (40) étant adapté à tester l'existence, dans l'un quelconque des signaux issus des deux voies, d'un signal à la fréquence connue de synchronisation de ligne et, en l'absence de celui-ci, à commander une commutation entre les voies par le circuit commandable de commutation de voies.

11. Dispositif selon la revendication 10, caractérisé en ce que le circuit de discrimination (40) est connecté à la sortie de chacune des deux voies, et à deux entrées du circuit commandable de commutation des voies et à deux bornes de commutation (C1, C2) de celui-ci.

12. Dispositif selon la revendication 10 ou la revendication 11, caractérisé en ce que l'oscillateur hyperfréquence (22) est à une fréquence choisie entre 1 et 30 Ghz.

13. Dispositif selon la revendication 12, caractérisé en ce que cet oscillateur hyperfréquence est à une fréquence d'environ 2,5 Ghz.

14. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 10 à 13, caractérisé en ce que les antennes de réception (11, 12), sont des antennes électriques identiques plaquées à polarisation linéaire disposées dans des plans décalés angulairement.

15. Dispositif selon la revendication 14, caractérisé en ce que le milieu confiné étant un tunnel (3) allongé selon un axe, ces antennes (10, 11, 12) sont polarisées parallèlement à la plus grande dimension transversale de ce tunnel.

16. Dispositif selon l'une quelconque des

revendications 10 à 13, caractérisé en ce que les antennes de réception sont des antennes électriques plaquées différentes et coplanaires à polarisation rectiligne.

17. Dispositif selon l'une quelconque des
5 revendications 10 à 16, caractérisé en ce que ce dispositif comporte un plan réflecteur métallique (5) dans un coude ou une bifurcation (4) de ce tunnel.

18. Dispositif selon la revendication 17, caractérisé en ce que le récepteur est mobile.

10 19. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 10 à 18, caractérisé en ce que les axes privilégiés des antennes de réception sont décalés angulairement d'un angle fixe ou variable compris entre 15 et 45°.

15 20. Dispositif selon la revendication 19, caractérisé en ce que les axes privilégiés des antennes de réception sont décalés angulairement d'un angle de 20° environ.

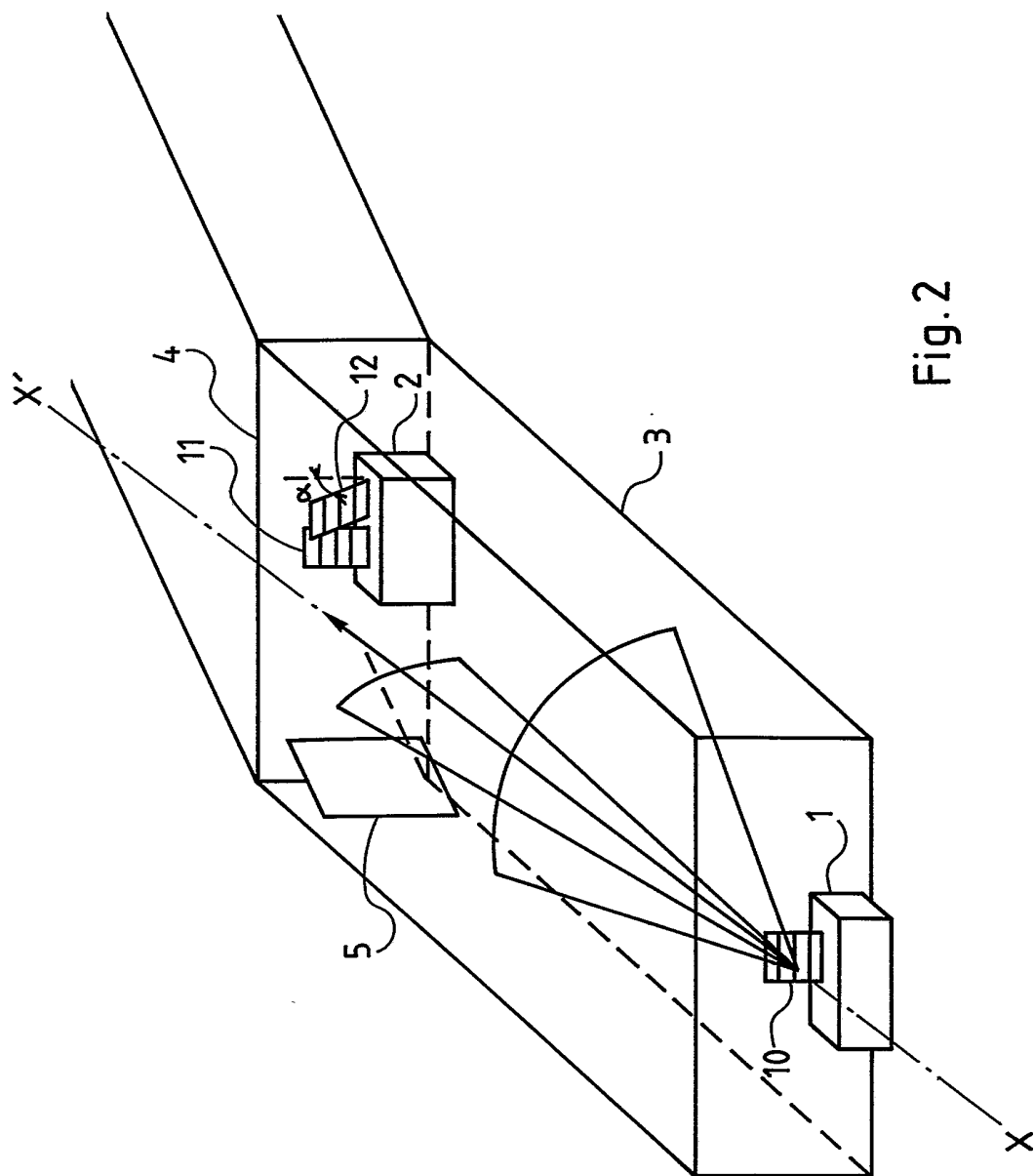
20 21. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 10 à 20, caractérisé en ce que le milieu confiné étant un tunnel allongé suivant un axe, l'antenne d'émission (10) et l'une des antennes de réception sont orientées parallèlement à cet axe.

25 22. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 10 à 21, caractérisé en ce que chaque voie (A, B) du récepteur comporte un amplificateur hyperfréquence (32, 33) à faible bruit, un mélangeur (34, 35) recevant un même signal hyperfréquence de démodulation de fréquence différant de la fréquence de l'oscillateur (22)
30 du récepteur (1) d'une valeur déterminant une fréquence intermédiaire comprise entre 30 et 300 Mhz, un filtre passe-bas (36, 37) adapté à cette fréquence intermédiaire, et un démodulateur de fréquence (38, 39).

35 23. Dispositif selon la revendication 22, caractérisé en ce que ledit démodulateur de fréquence (38, 39) comporte un étage de compression de signal (38A) et un

étage démodulateur (38B) à boucle à verrouillage de phase.

24. Dispositif selon la revendication 22 ou la revendication 23, caractérisé en ce que le récepteur comporte un oscillateur de démodulation (30) connecté à un
5 diviseur de puissance (31) connecté aux mélangeurs de chaque voie.



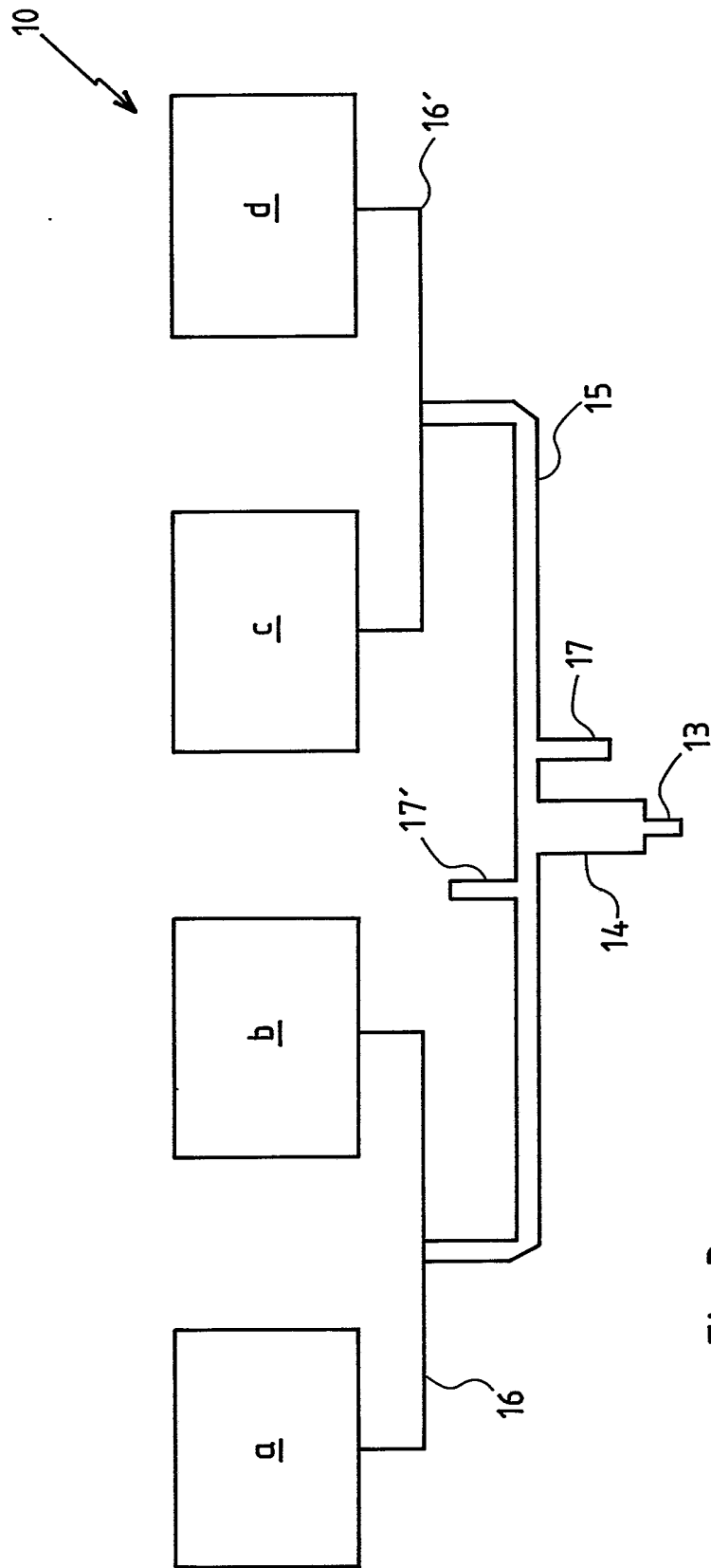


Fig. 3

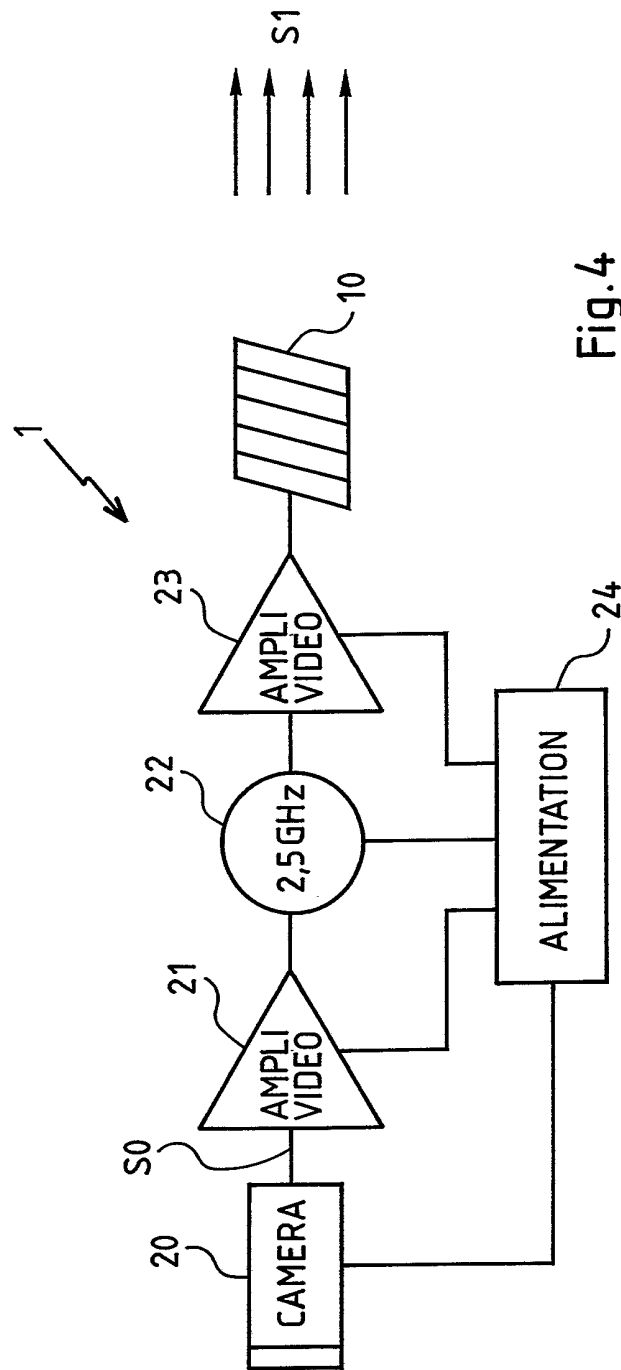


Fig.4

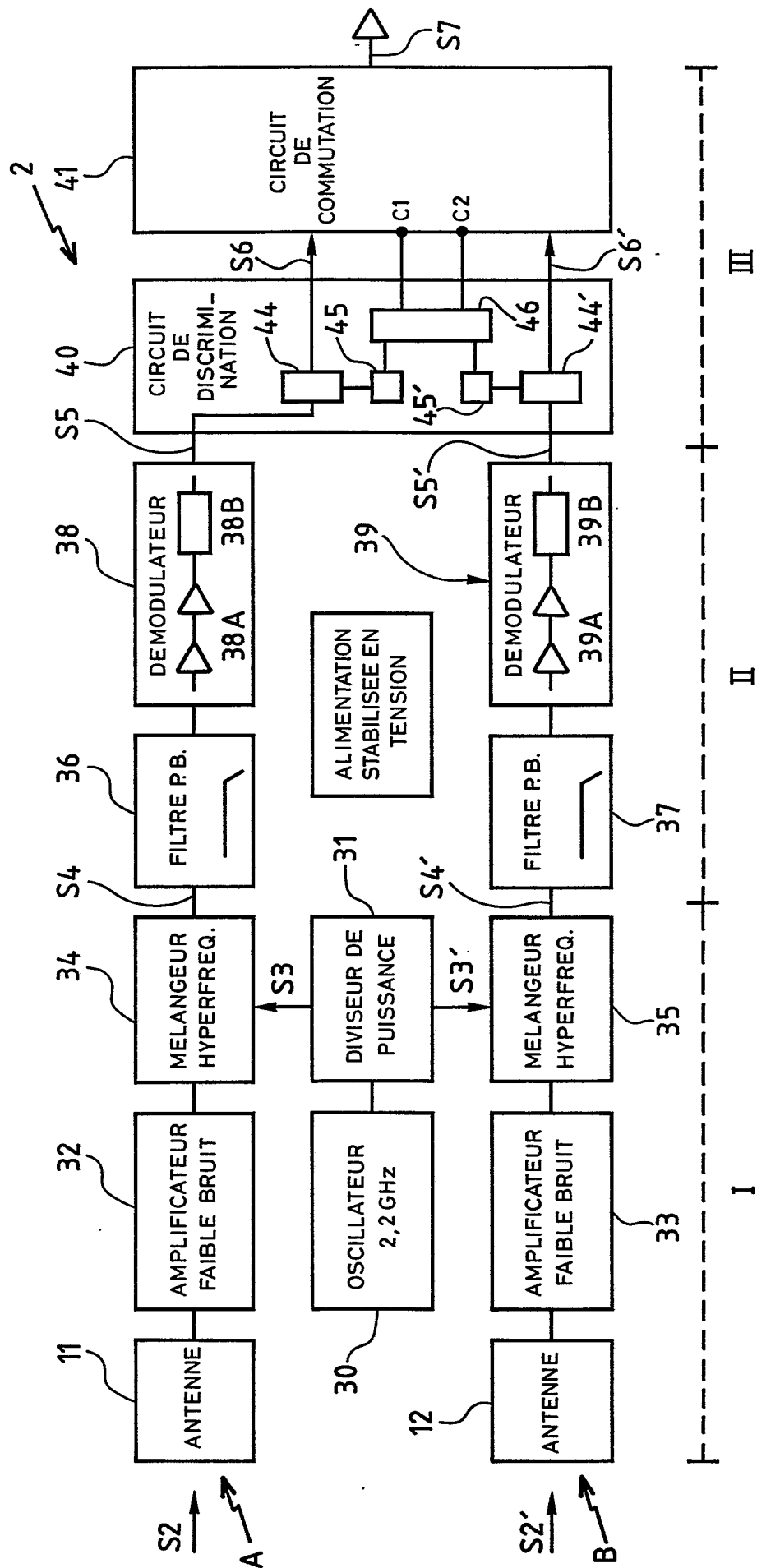


Fig. 5

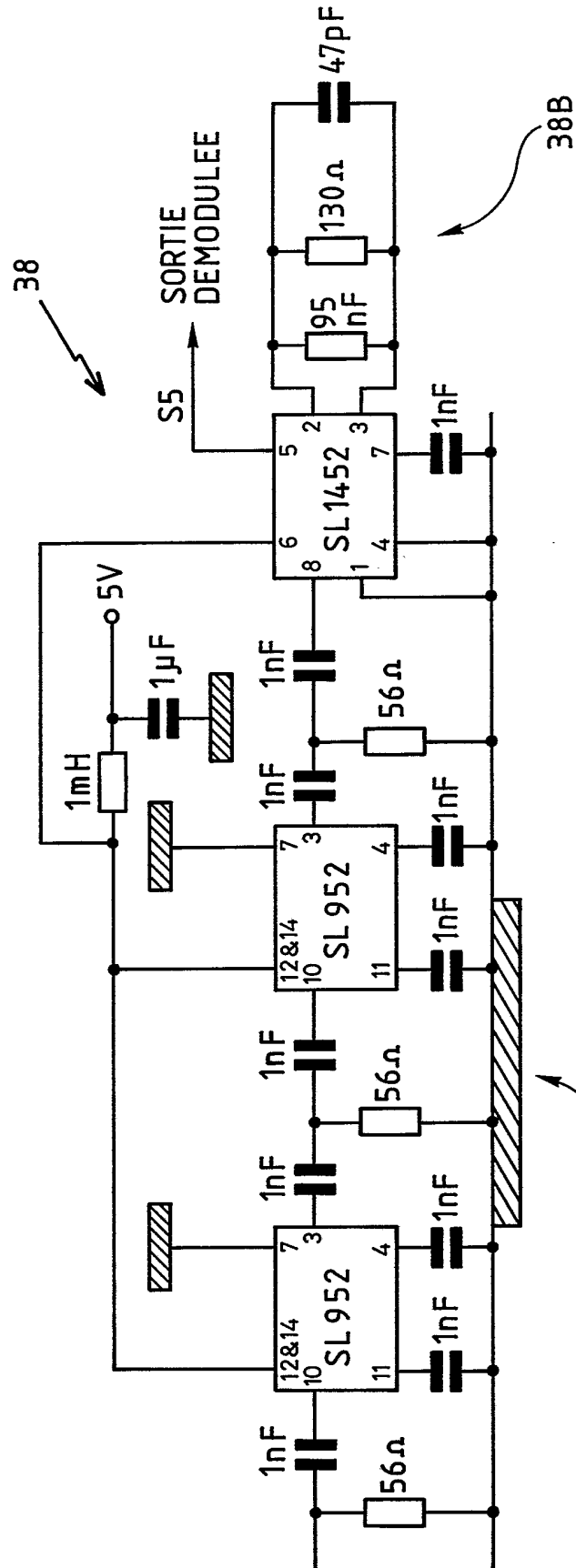
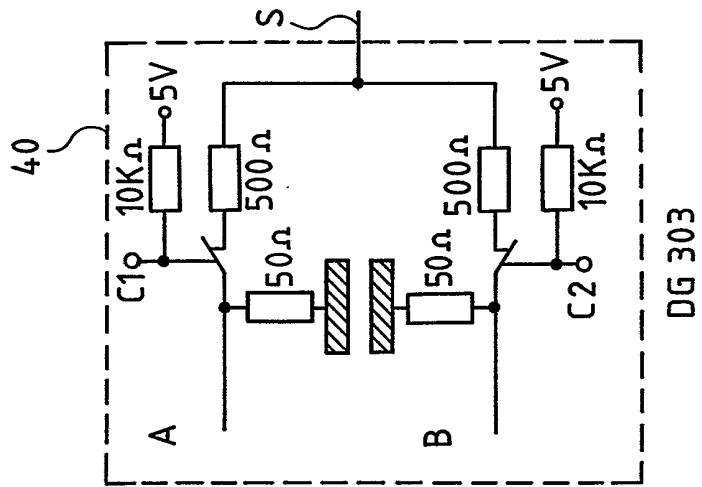


Fig.6



DG 303

Fig.8

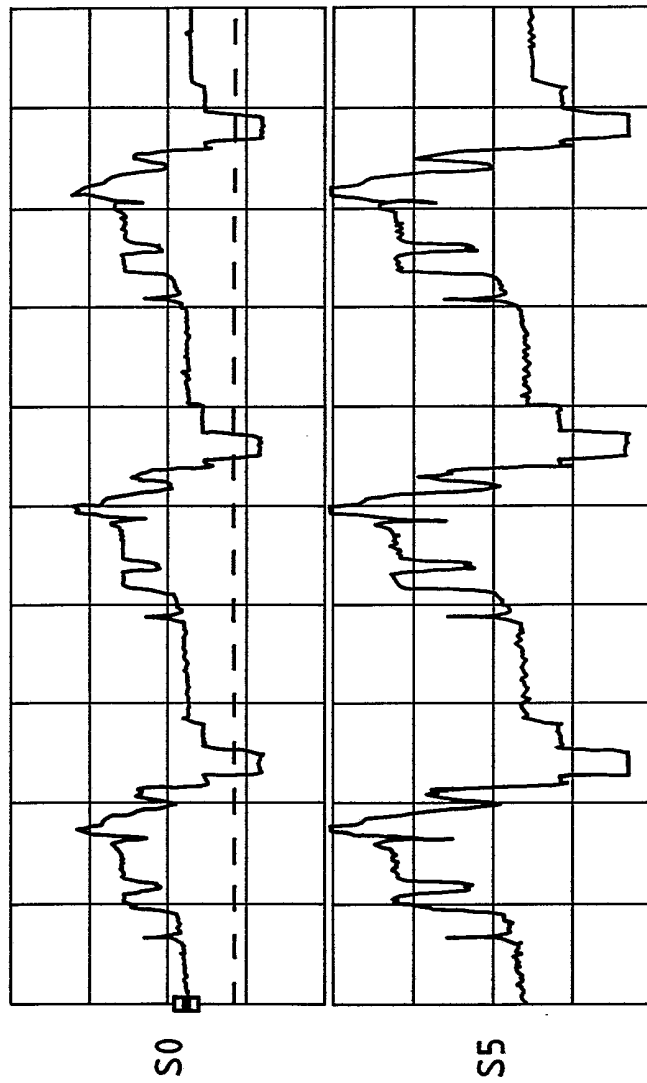


Fig.7

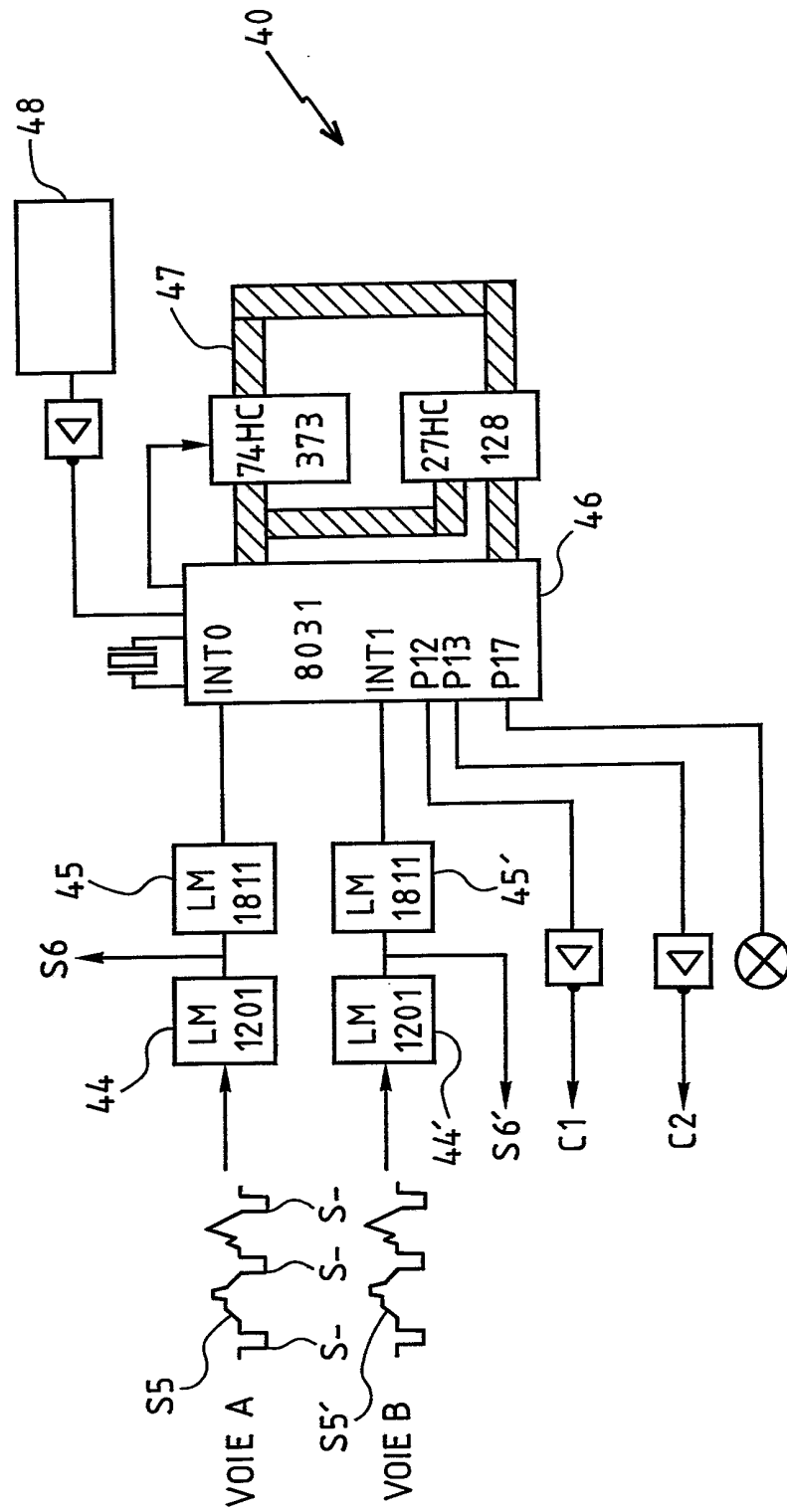


Fig.9

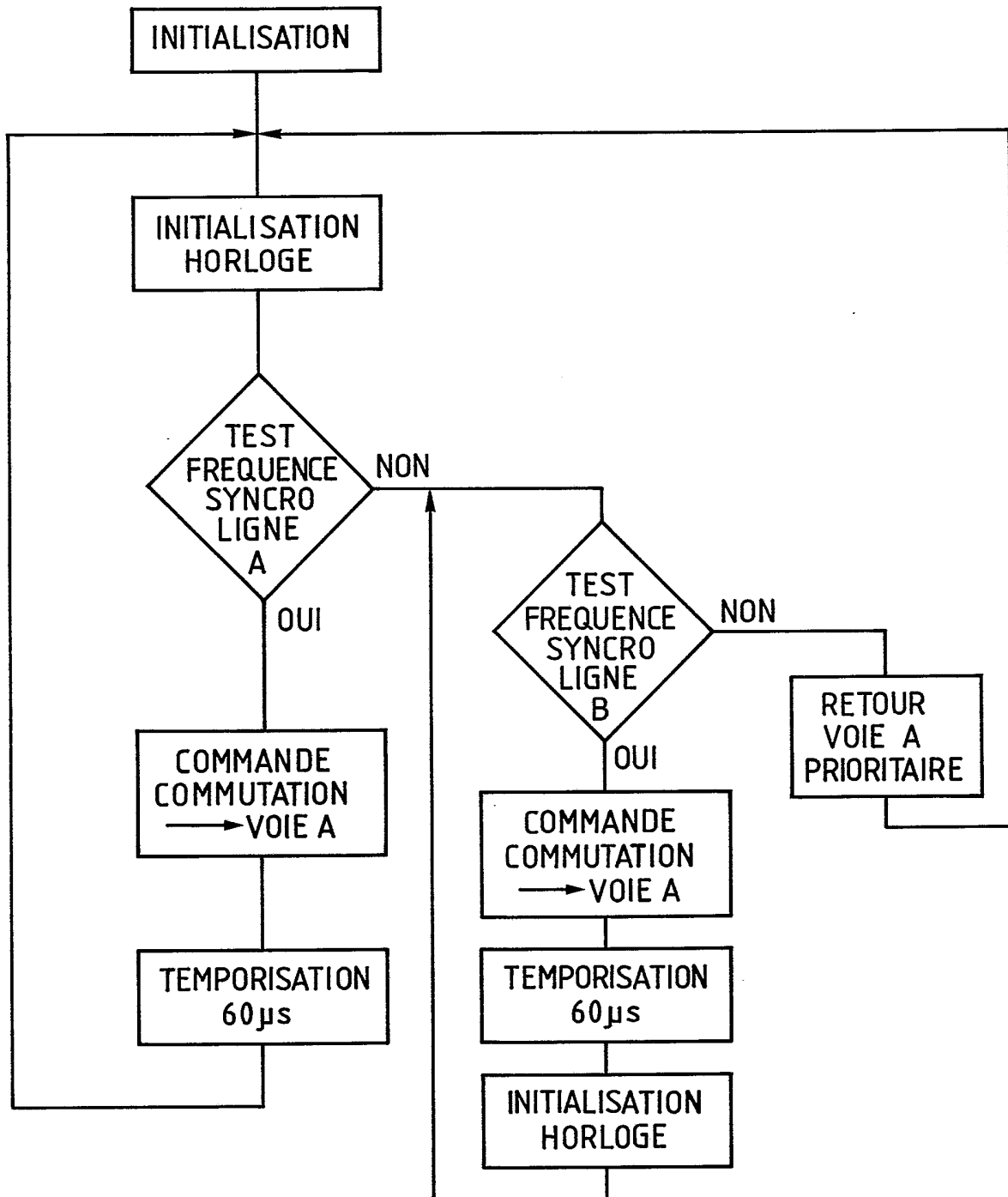


Fig.10

INSTITUT NATIONAL
de la
PROPRIETE INDUSTRIELLE

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

N° d'enregistrement
national

FR 8916304
FA 437585

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
A	DE-A-2 626 925 (LICENTIA) * Page 2, lignes 4-14 * ---	1,10
A	SIEMENS REVIEW, vol. XLI, 1974, special issue: "Communications Engineering", pages 180-184; H. PANSCHAR et al.: "Protection switching, diversity operation, branching and distribution in radio relay systems" * Page 183, colonne de gauche, ligne 29 - colonne de droite, ligne 13 * ---	1,10
A	FUNKSCHAU, vol. 51, no. 3, février 1979, pages 72-74; "12-GHz-Fernsehen in dicht bebauten Gebieten" * En entier * ---	1,10
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN, vol. 8, no. 25 (E-225)[1462], 2 février 1984; & JP-A-58 186 271 (SHARP K.K.) 31-10-1983 -----	1,10
		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.5)
		H 04 N H 04 B
Date d'achèvement de la recherche 21-08-1990		Examinateur GREVE M.P.
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général O : divulgation non-écrite P : document intercalaire 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		