

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 889 609 A1

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:
07.01.1999 Bulletin 1999/01

(51) Int Cl.⁶: **H04H 1/00**(21) Numéro de dépôt: **98401605.5**(22) Date de dépôt: **26.06.1998**

(84) Etats contractants désignés:
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE**
Etats d'extension désignés:
AL LT LV MK RO SI

(30) Priorité: **30.06.1997 FR 9708195**

(71) Demandeurs:
• **FRANCE TELECOM**
75015 Paris (FR)
• **TELEDIFFUSION DE FRANCE**
75015 Paris (FR)

(72) Inventeurs:
• **Richard, Joel**
35000 Rennes (FR)

- **Savary, Jean-Yves**
35510 Cesson-Sevigne (FR)
- **Vinatier, Claude**
35200 Rennes (FR)
- **Delmas, Jean-Jaques**
92190 Meudon (FR)
- **Fiderspil, Gérard**
75015 Paris (FR)
- **Wang, Philippe**
92340 Bourg la Reine (FR)

(74) Mandataire: **Fréchède, Michel**
Cabinet Plasseraud
84, rue d'Amsterdam
F-75440 Paris Cédex 09 (FR)

(54) **Protocole et réseau adaptif de diffusion à large bande audio-vidéo pour récepteurs radiofréquences mobiles**

(57) L'invention concerne un protocole et un réseau adaptatif de diffusion à large bande audio-vidéo pour récepteurs mobiles.

Le signal audio-vidéo est soumis à un codage source (1001), à un codage de canal à large bande (1002), à une diffusion (1003) sur une première zone de couverture générale à une première fréquence centrale F1, à une transposition et à une réémission (1004) sur une zone de couverture locale à une deuxième fréquence centrale F2 pour réception par les récepteurs mobiles. Les opérations de diffusion (1003) et réémission (1004) sont effectuées à partir de stations fixes ou mobiles.

Application à la mise en oeuvre de réseaux monofréquence adaptatifs de zones de couverture configurables.

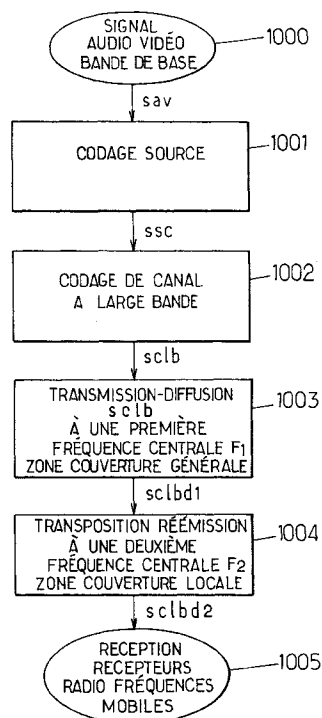


FIG.1.

Description

L'invention concerne un protocole et un réseau adaptatif de diffusion à large bande audio-vidéo pour récepteurs radiofréquences mobiles.

La transmission d'informations audio-vidéo à des récepteurs radiofréquences mobiles est actuellement mal résolue ou ne peut, à tout le moins, être envisagée que dans le cadre de réseaux hertziens, terrestres, fixes.

Parmi les techniques de transmission utilisées, les techniques analogiques de codage de canal ne sont en effet résistantes à l'effet Doppler, provoquant un glissement ou décalage de fréquence du fait de la vitesse relative émetteur - récepteur, que lorsque le processus de codage est limité spectralement à une bande étroite.

Plus récemment, différentes techniques numériques de codage de canal ont été développées. Ces techniques permettent une transmission à bande large compatible avec l'effet Doppler précité. Parmi les techniques précitées, le codage de canal COFDM est utilisé en particulier dans le cadre de la transmission numérique audio ou DAB, pour *Digital Audio Broadcasting*. Dans le cas précité, la diffusion intervient par voie hertzienne, terrestre ou satellitaire.

La diffusion par voie hertzienne satellitaire permet une réception sur des zones géographiques très étendues, à l'échelle d'un continent, et finalement sur toute zone géographique incluse dans la zone de couverture générale du transpondeur satellitaire, que cette zone géographique soit fixe ou évolue dans le temps. Une zone géographique pertinente évoluant dans le temps peut par exemple être matérialisée, dans la zone de couverture générale, par un ensemble de véhicules se déplaçant dans cette zone de couverture générale.

Toutefois, les satellites de télécommunication actuellement disponibles ne permettent pas d'assurer une réception directe correcte par un récepteur radiofréquences mobile.

En effet, d'une première part, il est nécessaire que le récepteur radiofréquences mobile dispose d'une antenne parabolique extérieure dont le pointage est asservi sur le satellite émetteur. De tels systèmes d'asservissement sont coûteux, fragiles et encombrants.

D'une deuxième part, du fait des fréquences de l'onde porteuse utilisée par les satellites de télécommunication en voie descendante, voie de diffusion, dans la zone de couverture générale, fréquence supérieure au GHz, tout masque interposé sur le trajet, en vision directe, satellite - antenne du récepteur radiofréquences, condamne la réception correcte de ce dernier. C'est en particulier le cas des immeubles dans les zones urbaines, des ouvrages d'art sur les grands axes routiers ou ferroviaires, et des forêts ou arbres en zones rurales. Pour un compte rendu d'essais de réception directe DAB en réception mobile soulignant l'existence de ces problèmes, on pourra utilement se reporter à l'article intitulé : *"Mobile and portable reception of satellite-delivered DAB"* publié par Peter SHELSWELL, Sound Digital, Third International Symposium on Digital Audio Broadcasting, 4-5 juin 1996, Montreux, Suisse.

La voie hertzienne terrestre apparaît donc à l'heure

actuelle seule possible afin de permettre la réception par des récepteurs radiofréquences mobiles banalisés, dans lesquels aucune installation d'antenne de réception asservie n'est nécessaire.

Toutefois, les réseaux hertziens terrestres actuels sont fixes et la zone de couverture de ce type de réseau ne peut aucunement être reconfigurée en temps réel. La seule possibilité de desservir en réception une zone géographique évolutive dans le temps consisterait, au moyen de tels réseaux, à couvrir une zone de couverture générale permettant d'englober toute évolution de cette zone géographique évolutive.

Une telle solution ne peut en pratique être envisagée, en raison, d'une part, du coût d'infrastructure très élevé, prohibitif, et, d'autre part, de l'occupation permanente d'une fréquence de réception sur cette zone de couverture générale dans le domaine des fréquences hertziennes terrestres.

La présente invention a pour but de remédier aux inconvénients précités par la mise en oeuvre d'un protocole et d'un réseau adaptatif de diffusion à large bande audio-vidéo permettant la réception directe par des récepteurs radiofréquences mobiles banalisés.

Un autre objet de la présente invention est la mise en oeuvre d'un protocole et d'un réseau adaptatif de diffusion à large bande audio-vidéo, ce réseau étant configurable en temps réel.

Le protocole et le réseau adaptatif de diffusion à large bande audio-vidéo pour récepteurs radiofréquences mobiles, objets de la présente invention, sont remarquables en ce que chacun consiste à, respectivement permettre de, soumettre le signal audio-vidéo à un codage source pour engendrer un signal source codé et à soumettre le signal source codé à un codage de canal pour engendrer un signal codé à large bande, ce signal codé à large bande consistant en une suite de symboles de durée déterminée espacés dans le domaine temporel d'un intervalle de garde temporel et répartis dans le domaine fréquentiel sur des intervalles de fréquences disjoints, les ondes porteuses de chacun des symboles étant séparées par un intervalle de garde fréquentiel. Le signal codé à large bande est transmis à une première fréquence centrale, fréquence de diffusion, en un signal codé à large bande diffusé sur une zone de couverture générale. Le signal codé à large bande diffusé est transposé à une deuxième fréquence centrale et réémis à partir d'au moins un relais de réémission, situé dans la zone de couverture générale, cette deuxième fréquence centrale étant égale à la fréquence de réception, sur au moins une zone de couverture locale, siège instantané des récepteurs radiofréquences mobiles, ce qui permet d'adapter la zone de couverture locale à la position des récepteurs radiofréquences mobiles pour une réception optimale.

Le protocole et le réseau adaptatif de diffusion à large bande, objets de la présente invention, seront mieux compris à la lecture de la description et à l'observation des dessins ci-après dans lesquels :

- la figure 1 représente, sous forme de schémas blocs, un organigramme général du protocole de diffusion à large bande d'un signal audio-vidéo pour récepteurs radio-fréquences mobiles, objet de la présente invention ;
- les figures 2a et 2b représentent un détail de mise en oeuvre de deux étapes successives de codage source et de codage de canal à large bande respectivement, constitutives du protocole, objet de la présente invention, tel que représenté en figure 1 ;
- les figures 3a, 3b et 3c représentent des diagrammes temporels, respectivement fréquentiels, illustratifs de paramètres et de contraintes relatives à ces paramètres de codage de canal à large bande, pour assurer une transmission - diffusion adéquate à différents récepteurs radiofréquences mobiles ;
- les figures 4a et 4b représentent des diagrammes spatio-temporels illustratifs des contraintes à appliquer à deux transmissions en réémission issues de la même zone de couverture globale à la deuxième fréquence centrale vers un même récepteur radiofréquences mobile, respectivement à deux sources de diffusion illuminées par une même source d'origine et assurant la transmission et la diffusion à la première fréquence centrale vers une même station de réémission après transposition ;
- les figures 5a, 5b et 5c représentent, sous forme illustrative, un module de transmission et de diffusion du signal codé à large bande en un signal codé à large bande diffusé a une première fréquence centrale sur une zone de couverture générale ;
- les figures 6a et 6b représentent, sous forme illustrative, un module de station de réémission du signal codé à large bande diffusé, après transposition, à une deuxième fréquence centrale ;
- la figure 6c représente une variante de réalisation des figures 5a et 6a dans le cas plus particulier où une étape supplémentaire de modulation, telle qu'une modulation de fréquence, est introduite pour assurer une transmission par satellite ;
- la figure 7 représente une application particulière non limitative dans laquelle le module de transmission et diffusion du signal codé large bande à la première fréquence centrale est constitué par une station hertzienne terrestre située sur un point haut, en vision directe d'une source d'origine satellitaire, et où le module de réémission est constitué par un module tel que représenté en figure 6a, embarqué sur un aéronef représenté en figure 6b, une telle configuration étant plus particulièrement adaptée à la couverture d'un événement sportif accompagné d'une caravane de véhicules comportant chacun un récepteur radiofréquences mobile dont la fréquence

de réception est accordée sur la deuxième fréquence centrale.

Un descriptif du protocole de diffusion à large bande d'un signal audio-vidéo vers des récepteurs radio-fréquences mobiles, conforme à l'objet de la présente invention, sera maintenant donné en liaison avec la figure 1.

Le protocole de diffusion à large bande d'un signal audio-vidéo vers des récepteurs radiofréquences mobiles, ces récepteurs étant accordés sur une fréquence de réception, désigne une suite d'étapes techniques, lesquelles correspondent en fait à un procédé permettant d'assurer la diffusion d'un signal audio-vidéo vers des récepteurs mobiles banalisés, c'est-à-dire répondant à la définition donnée précédemment dans la description.

Le protocole, objet de la présente invention, est avant tout destiné à la diffusion de signaux audiofréquences, de signaux vidéofréquences, de signaux de données ainsi que de signaux audio-vidéo par exemple, tels que des signaux de télévision, ainsi qu'il sera décrit ultérieurement dans la description.

En conséquence, ainsi que représenté sur la figure 1, on indique que le protocole, objet de la présente invention, est mis en oeuvre à partir d'une étape 1000, étape de départ selon laquelle on dispose d'un signal audio-vidéo par exemple en bande de base, noté pour cette raison sav.

Le signal audio-vidéo sav est ensuite soumis, en une étape 1001, à un codage source pour engendrer un signal source codé, lequel est noté ssc.

Ainsi qu'il sera décrit ultérieurement dans la description, on indique que le signal source codé ssc consiste avantageusement en un train binaire unique présentant des caractéristiques spécifiques permettant la transmission et la diffusion de ce signal par voie hertzienne ou satellitaire, par exemple.

L'étape 1001 précitée est elle-même suivie d'une étape 1002 dans laquelle le signal source codé ssc est soumis à un codage de canal afin d'engendrer un signal codé à large bande, noté sclb sur la figure 1.

De manière plus spécifique, on indique que le signal codé à large bande sclb consiste en une suite de symboles de durée déterminée espacés dans le domaine temporel d'un intervalle de garde temporel et répartis dans le domaine fréquentiel sur des intervalles de fréquences disjoints, les ondes porteuses de chacun des symboles étant séparées par un intervalle de garde fréquentiel spécifique.

L'étape 1002 précitée est elle-même suivie d'une étape 1003 consistant à transmettre et diffuser le signal codé à large bande sclb à partir d'au moins une source de diffusion à une première fréquence centrale, notée F_1 par exemple, et désignant la fréquence de diffusion, en un signal codé à large bande diffusé sur une zone de couverture générale. Sur la figure 1, on a noté le signal codé à large bande diffusé sclbd₁, l'indice 1 rappe-

lant le caractère de diffusion de ce signal à la première fréquence centrale F_1 .

Par zone de couverture générale, on indique que celle-ci correspond par exemple à une zone géographique régionale de diamètre de deux à trois cents kilomètres, voire continentale en fonction des applications du protocole de diffusion conforme à l'objet de la présente invention. En ce qui concerne l'opération de transmission et de diffusion du signal codé à large bande diffusé $scld_1$, on indique que cette opération est réalisée par un changement de fréquence à partir du signal codé à large bande $scld$, lequel est obtenu en bande de base, ainsi qu'il sera décrit de manière plus précise ultérieurement dans la description.

Enfin, l'étape de transmission et de diffusion 1003 précitée est elle-même suivie d'une étape 1004 de transposition - réémission à une deuxième fréquence centrale, notée F_2 , à partir d'au moins un relais de réémission situé dans la zone de couverture générale de ce même signal codé à large bande diffusé $scld_1$ transposé à cette deuxième fréquence centrale F_2 , ce signal codé à large bande diffusé transposé étant pour cette raison noté $scld_2$, en référence à la deuxième fréquence centrale F_2 précitée. Bien entendu, la deuxième fréquence centrale F_2 est égale à la fréquence de réception des récepteurs mobiles sur laquelle ces derniers sont accordés. L'opération de réémission est ainsi réalisée dans une zone de couverture locale, incluse totalement ou partiellement dans la zone de couverture générale, cette zone de couverture locale étant bien entendu le siège instantané des récepteurs radiofréquences mobiles.

On comprend ainsi que, du fait de la réémission à la deuxième fréquence centrale F_2 , fréquence réception, sur la zone de couverture locale et dans les conditions d'émission et de réception par les récepteurs radiofréquences mobiles correspondant sensiblement à celles d'un réseau hertzien, la réception du signal diffusé, notée 1005 en figure 1, peut être ainsi rendue optimale.

On comprend en particulier, selon un aspect particulièrement avantageux du protocole, objet de la présente invention, que le ou les relais de réémission peuvent être activés en fonction de la position du mobile ou de la collection de mobiles munis des récepteurs radiofréquences accordés sur la fréquence de réception et situés dans la zone de couverture locale, de façon à adapter cette zone de couverture locale en fonction du déplacement de la collection des mobiles, le ou les relais de réémission pouvant en outre, ainsi qu'il sera décrit ultérieurement dans la description, être eux-mêmes mobiles afin d'adapter par déplacement la zone de couverture locale à la zone géographique dans laquelle se trouve la collection de mobiles précités.

Une description plus détaillée des étapes précédemment décrites, permettant la mise en oeuvre du protocole, objet de la présente invention, sera maintenant donnée en liaison avec les figures 2a et 2b.

La figure 2a décrit de manière plus détaillée les étapes 1000 et 1001 représentées en figure 1.

Pour ce qui concerne l'obtention du signal audio-vidéo en bande de base sav, on indique que celui-ci peut comporter, ainsi que représenté sur la figure 2a précitée, une composante de signal audio analogique, une composante de signal vidéo analogique, ou encore une composante de signal de données analogiques par exemple, ou même une combinaison de ces signaux délivrés par des sources correspondantes.

Lorsque les signaux précités sont sous forme analogique, ils sont soumis à une numérisation, numérisation audio, numérisation vidéo et numérisation de données, tel que représenté sur la figure 2a. On dispose ainsi d'un signal audio-numérique, d'un signal vidéo-numérique et d'un signal de données numériques délivrés par les sources correspondantes.

De la même manière, il est possible, conformément à un aspect particulièrement avantageux du protocole, objet de la présente invention, de disposer d'un signal audio-vidéo-numérique, délivré par une source correspondante, ce signal audio-vidéo-numérique pouvant être délivré par un satellite de télécommunication par exemple ou toute autre source adaptée.

Ainsi, l'ensemble des signaux numériques mis à disposition en figure 2a est soumis, à l'étape 1001, au processus de codage source précédemment mentionné, lequel peut consister avantageusement, pour chaque signal audio-vidéo-numérique, audio-numérique, vidéo-numérique et données numériques, à effectuer un codage source proprement dit, suivi d'un processus de compression afin de réduire le volume des données transmises.

Suite au processus de compression appliqué sur les signaux audio-vidéo-numériques, audio-numériques, vidéo-numériques et données numériques précités, on dispose de signaux numériques compressés correspondants, lesquels peuvent alors avantageusement être soumis à un processus de multiplexage temporel audio/vidéo/données, ce processus de multiplexage permettant de délivrer un train binaire unique constitutif du signal source codé ssc précédemment mentionné dans la description.

Les opérations réalisées à l'étape 1001, telles que représentées en figure 2a, sont des opérations de type classique et, pour cette raison, ne seront pas décrites de manière plus détaillée.

En ce qui concerne l'étape 1002 de codage de canal à large bande, on indique que le processus de codage de canal retenu pour la mise en oeuvre du protocole, objet de la présente invention, est un codage fonctionnellement semblable au codage COFDM utilisé jusqu'à ce jour pour les applications de transmission DAB.

D'une manière générale, le codage COFDM est un codage dérivé du codage OFDM, le codage COFDM permettant de garantir une excellente immunité aux interférences destructrices entre symboles ainsi qu'une bonne protection contre les distorsions fréquentielles du

canal de transmission. Le codage COFDM est un codage de type OFDM dans lequel est en outre réalisé, par codage, un apport de redondance entre signaux distants et un entrelacement en temps et en fréquence des symboles transmis.

On indique que les performances du codage COFDM sont alors liées à un critère moyen de rapport signal à bruit, ce rapport signal à bruit étant alors conforté grâce à la présence d'échos à la réception à interférence constructive, c'est-à-dire d'échos dont il est possible de tirer parti afin de renforcer la qualité de l'information transmise.

Les étapes essentielles du processus de codage de canal mis en oeuvre à l'étape 1002 de la figure 1 sont représentées en figure 2b.

Ces différentes étapes comprennent, successivement appliquées au signal source codé ssc, une étape optionnelle 1002a de dispersion d'énergie, une étape 1002b de codage convolutif, une étape 1002c d'entrelacement temporel, une étape 1002d de formation des symboles numériques, la formation des symboles numériques étant réalisée à partir d'un signal de synchronisation, noté SYNCHRO, une étape 1002e consistant en des opérations sur les symboles obtenus à l'étape 1002d et ayant pour objet d'introduire un espacement en temps entre ces symboles et une décomposition sur des ondes porteuses orthogonales, une étape 1002f de modulation de porteuses de type PSK ou QAM, une étape 1002g d'entrelacement fréquentiel, et, enfin, une étape 1002h de multiplexage des porteuses. A la fin de l'étape 1002h, on obtient le signal codé à large bande sc1b en bande de base ainsi que mentionné précédemment dans la description en liaison avec la figure 1.

En ce qui concerne le signal de synchronisation précédemment mentionné, on indique que celui-ci contient deux symboles, le premier étant vide de tout signal et le second comportant toutes les porteuses dont les phases à l'origine ont été fixées, afin de permettre aux récepteurs mobiles d'effectuer les synchronisation en temps, fréquence et phase.

En ce qui concerne l'opération 1002f de modulation de porteuses, on indique que, à chaque porteuse est en effet associée une modulation du symbole correspondant à un certain nombre de bits, lesquels décrivent un état d'amplitude et/ou de phase.

Les modulations ci-après peuvent être utilisées :

- 4-PSK, modulation par déplacement de phase à quatre états associés à deux bits successifs ;
- 16-QAM, quadrature, amplitude, modulation, ou 64-QAM par exemple.

Pour une description plus détaillée de l'étape de codage de canal à large bande 1002 précédemment mentionnée, on pourra utilement se reporter à l'article intitulé "*Principes de modulation et de codage de canal en radiodiffusion numérique vers des mobiles*", publié par M. ALARD et R. LASSALLE, UER - Revue Technique

n°224, août 1987.

Une description plus détaillée de la structure temporelle ou fréquentielle des signaux obtenus au cours de la mise en oeuvre de l'étape 1002 de codage de canal, précédemment citée, sera maintenant donnée en liaison avec les figures 3a, 3b et 3c.

Sur la figure 3a, on a représenté la succession temporelle des symboles engendrés, afin de procéder à la modulation de canal précitée. Cette succession temporelle des symboles est celle obtenue suite à la mise en oeuvre des étapes 1002d et 1002e.

Ainsi, pour des symboles de durée T_s , la succession des symboles est séparée par un intervalle de garde temporel δ d'une valeur déterminée. Ainsi, la période temporelle d'apparition des symboles est référencée $T = T_s + \delta$.

En pratique, et dans le cas d'une diffusion DAB, on indique que δ est de l'ordre de 20% de la durée de la période T . Cette valeur permet d'assurer, d'une part, une valeur suffisante pour l'intervalle de garde temporel et, d'autre part, un débit suffisant de symboles au cours de la transmission.

L'intervalle de garde temporel δ permet ainsi, pour tout écho de retard $\tau \leq \delta$, de prendre en compte la valeur de cet écho au niveau d'un récepteur mobile par exemple, pour assurer, d'une part, la discrimination des échos postérieurs à chaque symbole, et, d'autre part, le renforcement du signal utile à partir de tout écho reçu pendant l'intervalle de garde temporel.

Bien entendu, la valeur de l'intervalle de garde δ est également très inférieure à la durée d'un symbole T_s . On rappelle en effet que dans le cadre de la transmission radionumérique DAB, dans les modes I, II et III normalisés, l'intervalle de garde temporel est égal au 1/4 de la durée T_s de chaque symbole.

La figure 3b représente, dans le domaine fréquentiel, le spectre du signal obtenu suite à la décomposition sur porteuses orthogonales à l'étape 1002e. On obtient ainsi en bande de base dans le domaine fréquentiel précité, une pluralité d'ondes porteuses, notées $f_0, \dots, f_i, \dots, f_n$, chaque porteuse étant espacée d'une porteuse adjacente d'un intervalle de fréquence Δf en terme de fréquence centrale.

A titre d'exemple non limitatif, dans les modes normalisés I, II et III précédemment cités, le nombre respectif de porteuses est de 1536, 384, 192, l'espace entre porteuses $\Delta f = 1, 4, 8$ kHz pour une largeur de bande totale en bande de base égale à 1,536 MHz.

Enfin, la figure 3c représente, après multiplexage des porteuses à l'étape 1002h de la figure 2b et changement de fréquence pour transposition de fréquence à la première fréquence centrale F_1 , le spectre de fréquences dans l'espace fréquentiel du signal codé à large bande diffusé sc1bd₁. On rappelle simplement qu'en ce qui concerne le signal codé à large bande diffusé après transposition à la deuxième fréquence centrale F_2 , ce signal présente une distribution spectrale dans l'espace de fréquences analogue à celle représentée à

la figure 3c, le terme F1 étant simplement remplacé par le terme F2. Pour cette raison, cette répartition spectrale du signal codé à large bande diffusé sclbd₂ est simplement représentée au dessin par substitution de F2 à F1.

Sur la figure 3c, on a représenté par ΔF un glissement en fréquence, soit du signal à la fréquence centrale F1, c'est-à-dire du signal codé à large bande sclbd₁, soit du signal codé à large bande à la deuxième fréquence centrale F2 sclbd₂.

Ainsi, une vitesse relative entre un émetteur et un récepteur introduit un glissement ou décalage fréquentiel du signal par effet Doppler.

La décomposition du signal en ondes porteuses séparées par des intervalles fréquentiels disjoints, ainsi que représenté en figure 3b ou 3c, écartés d'un intervalle de fréquence Δf supérieur du glissement Doppler, permet ainsi, grâce au codage de canal réalisé, d'assurer la réception du signal codé à large bande diffusé par un mobile en déplacement relatif par rapport à l'émetteur.

C'est en particulier le cas pour ce qui concerne le ou les relais de réémission par rapport à la ou les sources de diffusion, ainsi que pour chaque récepteur radiofréquences mobile vis-à-vis de chaque relais de réémission.

Dans ces conditions, et pour une vitesse relative de valeur v₁ de la source de diffusion à la première fréquence centrale de valeur F1 vis-à-vis du relais de réémission concerné, et pour une vitesse relative de valeur v₂ du relais de réémission à la deuxième fréquence centrale de valeur F₂ vis-à-vis du récepteur radiofréquences mobile concerné, le décalage en fréquences global ΔF du signal reçu par le récepteur mobile vérifie alors la relation (1) :

$$\Delta F = [F_1 \cdot v_1 + F_2 \cdot v_2] / c \leq \Delta f / K.$$

Dans cette relation, conformément à un aspect particulièrement avantageux du protocole, objet de la présente invention, c désigne la vitesse de propagation d'une onde électromagnétique dans l'atmosphère et K désigne un coefficient, supérieur à 2, permettant bien entendu de prévoir une zone d'accrochage suffisamment large pour la réception, correspondant sensiblement au maximum à la moitié de l'espacement inter-porteuse Δf, ainsi que représenté sur la figure 3c pour la première fréquence centrale F1 et la deuxième fréquence centrale F2.

Dans ces conditions, non seulement le décalage ou glissement de fréquences dû à l'effet Doppler sur chaque porteuse ne pose pas de problème d'accrochage à la réception, mais encore ce glissement ou décalage est suffisamment faible pour n'entraîner aucune confusion entre les porteuses successives. L'espacement inter-porteuse peut par exemple être pris égal à 1/Ts pour obtenir une efficacité spectrale maximale. A titre d'exemple purement illustratif, on indique que, pour une

vitesse relative v₂ de 300 km/h entre le relais de réémission et un mobile, pour une fréquence de réception de 2 GHz, la contribution de la vitesse relative v₂ à l'effet Doppler atteint la valeur de 556 Hz. Cette valeur est largement inférieure à l'espacement Δf en mode III par exemple, lequel est égal à 8 KHz.

Ainsi, compte tenu de la relation (1) précédente, les paramètres de codage de canal à large bande de type COFDM étant choisis, la mobilité de la ou des sources de diffusion, des stations de réémission et le cas échéant des récepteurs radiofréquences mobiles peut alors être choisie de façon à satisfaire aux contraintes d'accrochage en réception, afin de maintenir la qualité de la réception pendant tout déplacement ou adaptation de la zone de couverture locale. La condition d'accrochage s'énonce en une contrainte sur la valeur globale de glissement ou de décalage de fréquences selon la relation (1) précitée, décalage ou glissement global qui doit bien entendu rester très inférieur à l'espacement inter-porteuses Δf.

On rappelle que dans la relation (1) précédente, la sommation entre les contributions de chaque vitesse relative v₁ et v₂ s'entend d'une sommation algébrique tenant compte du rapprochement et/ou de l'éloignement relatif émetteur/récepteur. Bien entendu, outre la contrainte en fréquences précédemment mentionnée, il existe une contrainte relativement à l'adaptation de la zone de couverture locale, cette contrainte étant induite par la modification de la configuration géométrique du réseau adaptatif lorsque ce réseau adaptatif est constitué par une pluralité de sources de diffusion, c'est-à-dire lorsque, en fait, plus d'une source de diffusion à la première fréquence centrale F1 sont utilisées, et, d'autre part, lorsque plus d'une station de réémission sont également utilisées dans la zone de couverture locale.

Cette contrainte, dite géométrique, est en fait induite par une condition relative au temps de retard des échos qui sont susceptibles d'être reçus par tout récepteur radiofréquences mobile M, la notion d'écho couvrant bien entendu tout signal semblable à la même fréquence centrale reçu par le mobile M selon deux trajets distincts, ainsi qu'il sera explicité en liaison avec la figure 4a.

La figure 4a représente le cas où l'on considère une source de transmission - diffusion à la première fréquence centrale F1 et deux relais de réémission situés dans la zone de couverture générale de la source de transmission - diffusion précitée et dont la zone de couverture locale se recoupe, un récepteur radiofréquences mobile M étant situé dans la zone d'intersection des zones de couverture locale des deux relais de réémission.

On comprend dans ce cas que le réseau adaptatif ainsi formé constitue en fait un réseau monofréquentiel adaptatif, la réémission à la deuxième fréquence centrale étant effectuée par les deux relais de réémission précités.

Dans un tel cas, l'étape consistant à réémettre à partir d'au moins un relais de réémission le signal codé

à large bande diffusé scld₂ à la deuxième fréquence centrale de valeur F2 est réalisée à partir d'une pluralité de relais de réémission constituant le réseau monofréquentiel précité à la fréquence de réception. Dans ces conditions, deux relais de réémission tels que représentés en figure 4a sont au plus distants d'une distance maximale D vérifiant la relation (2) :

$$2 \cdot \frac{D}{c} + \tau \leq \delta$$

Dans cette relation, τ désigne le retard maximum de traitement introduit par l'opération de réémission dans chacun des deux relais de réémission, τ_2 et τ_1 désignant le retard de chaque opération de réémission, et δ désigne le décalage temporel maximum admissible entre les signaux de réception reçus par chaque récepteur radiofréquences mobile, le récepteur M sur la figure 4a, décalage au plus égal à l'intervalle de garde temporel séparant deux symboles dans le domaine temporel, ainsi que mentionné précédemment dans la description.

En effet, en référence à la figure 4a, on indique que :

- d'une part, la différence de parcours entre la source de diffusion et le récepteur radiofréquences mobile M reste inférieure ou égale à 2 D lorsque les trajets de réception passent par les station relais de réémission 1 et station relais de réémission 2 ;
- d'autre part, les délais correspondant aux opérations de traitement effectuées au niveau de chacun des relais de réémission 1 et 2 ne peuvent différer de plus de la valeur τ précédemment mentionnée.

Ainsi, la mise en action ou l'inhibition de l'un quelconque des relais de réémission, pourvu que le critère de distance maximale D satisfasse à la relation (2) précitée, ne peut en aucun cas perturber la réception pour tout mobile situé dans la zone de couverture locale ainsi modifiée, car, dans ces conditions, l'allumage ou l'extinction du relais de réémission précité ajoute ou supprime un écho non perturbateur pour cette réception.

Ainsi, la configuration adaptative d'un réseau comportant par exemple, ainsi que représenté en figure 4a, plusieurs stations relais de réémission en codage COFDM, peut être réalisée sans difficulté, pourvu que la contrainte relative à la compatibilité des échos, décalage des échos inférieur à l'intervalle de garde temporel δ , soit satisfaite. Dans ces conditions, la présence de plusieurs stations relais de réémission à la deuxième fréquence centrale F2 n'est ainsi pas destructive des conditions de réception dès lors que les différents signaux arrivant en un même point, le mobile M sur la figure 4a, sont décalés temporellement au plus de l'intervalle de garde temporel δ .

A la contribution des échos susceptibles d'atteindre chaque récepteur radiofréquences mobile M vis-à-vis de deux ou plusieurs relais de réémission, ainsi que représenté en figure 4a, doit être ajoutée la contribution

d'échos engendrés par exemple par deux sources de transmission - diffusion, source 1 et source 2, par rapport à une source d'origine, telle qu'un satellite de télécommunication, vis-à-vis d'une station de transmission - réémission, ainsi que représenté en figure 4b.

Dans un tel cas, et en raison des mêmes hypothèses que dans le cas de la figure 4a, l'opération de transmission et de diffusion étant toutefois réalisée au moyen d'une pluralité de transmissions et diffusions du signal codé à large bande diffusé à la première fréquence centrale de valeur F1, fréquence de diffusion, sur une pluralité de zones de couverture générale, à partir de la source d'origine assurant l'illumination des deux sources de transmission - diffusion 1 et 2 précitées, les deux sources de diffusion doivent au plus être distantes d'une distance D' maximale vérifiant la relation (3) :

$$2 \frac{D'}{c} + \tau' < \delta.$$

Dans la relation (3) précitée, par analogie avec la relation (2)

τ' désigne le retard du traitement introduit par l'opération de diffusion de chaque signal codé à large bande, à partir de la source d'origine ;

δ désigne le décalage temporel maximum admissible entre les signaux de réception reçus par la station de réémission représentée en figure 4b, ce décalage étant au plus égal à l'intervalle de garde temporel séparant deux symboles dans le domaine temporel.

Bien entendu, dans le cas général et pour des technologies sensiblement identiques mises en oeuvre au niveau des sources de diffusion 1 et 2 à la première fréquence centrale F1, le retard relatif de traitement introduit par l'opération de diffusion, pour des valeurs sensiblement identiques de retard de traitement τ'_1 et τ'_2 de chacune des sources de diffusion, peut être considéré comme sensiblement nul.

Dans ces conditions, la relation (3) précitée devient, relation (4) :

$$2D'/c \leq \delta.$$

Dans le cas le plus général où plusieurs sources de diffusion sont utilisées et où plusieurs relais de réémission sont également utilisés, il va de soi que pour chaque récepteur radiofréquences mobile M, la condition de réception correcte, compte tenu de l'adaptation du réseau monofréquence ainsi constitué, correspond à la superposition des conditions précédemment décrites, selon les relations (2) et (3) ou respectivement (4), c'est-à-dire en la sommation de l'ensemble des retards apportés du fait des doubles trajets constitutifs d'échos possibles. Dans ces conditions, la condition devient la

relation (5) ci-après :

$$2(D+D')/c + \tau + \tau' \leq \delta.$$

Ainsi, le protocole, objet de la présente invention, permet la mise en oeuvre d'un réseau adaptatif de diffusion à large bande d'un signal audio-vidéo pour récepteurs mobiles.

Le caractère adaptatif de ce réseau apparaît :

- du fait de la possibilité de configuration de la zone de couverture du service à une seule et même fréquence pour constituer un réseau monofréquence quant à sa localisation, couverture satellite globale ou déplacement de l'émetteur de la couche de diffusion ou couche de transport ;
- du fait de la possibilité de reconfiguration en temps réel de la zone de couverture en localisation et en forme par déplacement, mise en opération ou inhibition des émetteurs ou sources de réémission, c'est-à-dire des relais de réémission.

Les possibilités de reconfiguration apparaissent particulièrement élevées du fait des types d'émetteurs qui peuvent être utilisés pour constituer les relais de réémission, ces relais de réémission pouvant d'autre part être déplacés à l'intérieur de la zone de couverture globale selon des configurations spécifiques, pourvu que les contraintes précitées soient respectées.

Une description plus détaillée du réseau adaptatif de diffusion à large bande d'un signal audio-vidéo pour récepteurs mobiles, conforme à l'objet de la présente invention, sera maintenant donnée en liaison avec les figures 5a à 5c, en premier lieu.

Ainsi que représenté sur la figure 5a, celui-ci comprend un module de codage source du signal audio-vidéo permettant d'engendrer un signal source codé et un module de codage de canal permettant, à partir du signal source codé, d'engendrer un signal codé à large bande en bande de base. Sur la figure 5a, les deux éléments précités sont représentés en pointillé par un seul et même bloc car le signal codé à large bande obtenu à l'issue de l'étape 1002 de la figure 1, signal sclb, peut être engendré au moyen d'éléments classiques, conformément aux opérations représentées en figures 2a et 2b, en tous points du réseau et en particulier être ensuite transmis au moyen d'un satellite de télécommunication vers une source de diffusion, telle que représentée en figure 5a, la source de transmission et de diffusion portant la référence 1 sur la figure 5a. De manière classique, cette source de transmission et de diffusion 1 comprend un module de transposition de fréquences en bande de base à la première fréquence centrale F1, ce module portant la référence 1₀ sur la figure 5a. On comprend bien entendu que le signal sclb est disponible au niveau de la source de transmission et de diffusion 1 par tous moyens de transport classiques, lesquels, à ce ti-

tre, ne seront pas décrits en détail.

La source de transmission et de diffusion 1 à la première fréquence centrale F1 comporte également, bien entendu, un synthétiseur de fréquences à la fréquence F1 précitée, portant la référence 1₁, et de manière classique, un pré-amplificateur portant la référence 1₂ et un amplificateur d'émission portant la référence 1₃ permettant d'assurer, par l'intermédiaire d'une antenne d'émission 1₄, la transmission et la diffusion du signal codé à large bande diffusé sur la zone de couverture globale, ce signal correspondant au signal sclbd₁ sur la figure 1.

D'une manière générale, on indique que la première fréquence centrale F1 peut avoir pour valeur 1,35 GHz. Dans ces conditions, l'antenne d'émission 1₄ pourra consister en une antenne parabolique par exemple.

Sur la figure 5b, on a représenté les différents types de sources d'émission susceptibles d'être utilisés pour la mise en oeuvre du réseau adaptatif de diffusion à large bande d'un signal audio-vidéo conforme à l'objet de la présente invention.

Ainsi que représenté sur la figure précitée, cette source peut être constituée par un émetteur satellite, recevant, à une fréquence de réception F0 ou F1, égale à la première fréquence centrale, les informations du signal codé à large bande, ces informations étant bien entendu transposées en signal en bande de base pour traitement ultérieur par le module de transposition 1₀, le préamplificateur et l'amplificateur 1₃, et diffusion par l'antenne 1₄.

Un autre type de source peut consister en un émetteur aérien sensiblement fixe ou à vitesse lentement variable. Dans ce cas, la source de diffusion 1 est embarquée sur un ballon dirigeable, par exemple, un ballon captif ou analogue. De la même manière, la source de transmission et de diffusion 1 peut également être embarquée sur un aéronef. Alors que, dans les deux premiers cas, la source de transmission et de diffusion peut être considérée comme sensiblement fixe dans le cas où l'émetteur satellitaire est embarqué sur un satellite géostationnaire et dans le cas où celui-ci est embarqué sur un ballon dirigeable par exemple, dans le cas où l'embarquement est réalisé sur un aéronef, la source de transmission et de diffusion 1 est considérée comme une source aérienne mobile.

Ainsi que représenté en outre sur la figure 5b précitée, la source de transmission et de diffusion peut également être associée à une station d'émission ou émetteur terrestre fixe. Dans ce cas, bien entendu, le signal codé à large bande en bande de base sclb peut être disponible au niveau des installations de la station terrestre d'émission.

Enfin, ainsi que représenté de même sur la figure 5b, la source de transmission et de diffusion peut être montée sur une station d'émission terrestre mobile, c'est-à-dire embarquée sur un véhicule motorisé.

Sur la figure 5c, on a représenté de manière schématique la zone de couverture générale ainsi obtenue grâce à la mise en oeuvre d'une ou plusieurs sources

de transmission et de diffusion.

En outre, le réseau adaptatif de diffusion à large bande d'un signal audio-vidéo vers des récepteurs mobiles, objet de la présente invention, comporte, ainsi que représenté en figure 6b, au moins un relais de réémission mobile, référencé 2 sur la figure 6a. Le relais de réémission 2 assure la réception dans la zone de couverture générale à la première fréquence centrale F1 du signal codé à large bande diffusé sclbd₁, la transposition de ce signal et la réémission de ce signal codé à large bande à une deuxième fréquence centrale F2 distincte de la première fréquence centrale F1 et, bien entendu, égale à la fréquence de réception. Cette réémission est assurée sur la zone de couverture locale, siège instantané des récepteurs mobiles équipés de postes récepteurs à la deuxième fréquence centrale F2.

De manière avantageuse, ainsi que représenté en figure 6b, chaque relais de réémission 2 peut comprendre une antenne de réception 2₀ pointée vers la source de transmission et de diffusion précédemment décrite dans la description. L'antenne de réception 2₀ pourra par exemple être constituée par une antenne parabolique. L'antenne de réception 2₀ est interconnectée à un module de filtrage, noté 2₁, accordé à la première fréquence centrale F1. Le module de filtrage 2₁ délivre un signal filtré à un module de transposition en fréquence 2₂ de la première fréquence centrale F1 vers le signal en bande de base par l'intermédiaire d'un synthétiseur de fréquences 2₃ délivrant un signal à la fréquence F1 précitée. Le module de transposition 2₂ délivre un signal codé à large bande en bande de base reconstitué à un module de transposition de fréquences de la bande de base vers la deuxième fréquence centrale F2, portant la référence 2₄. Un deuxième synthétiseur de fréquences 2₅ est prévu, lequel délivre un signal à la deuxième fréquence centrale F2, permettant par changement de fréquence de délivrer à un pré-amplificateur 2₆ puis à un amplificateur 2₇ le signal codé à large bande à la deuxième fréquence centrale F2, désigné précédemment dans la description par sclbd₂. Une antenne 2₉ de réémission permet d'assurer la réémission de ce signal sur la zone de couverture locale ainsi que mentionné précédemment dans la description.

Pour assurer la zone de couverture locale précédemment citée, on indique que l'antenne de réémission 2₉ pourra avantageusement constituer en une antenne YAGI par exemple.

En ce qui concerne le type de relais mobile utilisé, on comprendra, en référence à la figure 6b, que le relais de réémission mobile peut être embarqué, soit sur un ballon dirigeable ou atmosphérique ou captif, donc à vitesse lentement variable ou pouvant le cas échéant être fixe, sur un aéronef, ou bien consister en une station d'émission hertzienne terrestre, le cas échéant embarquée sur un véhicule motorisé.

On comprend dans ces conditions, en relation avec la figure 6b, que l'adaptation de la zone de couverture locale peut être réalisée, soit par déplacement du relais

de réémission par rapport à un réseau hertzien fixe par exemple, soit, le cas échéant, par inhibition ou mise en opération d'un ou plusieurs relais de réémission, ainsi que représenté en pointillé sur la figure 6b. Ainsi, la zone de couverture locale peut être reconfigurée en temps réel en fonction des impératifs de mouvement de la collection de véhicules munis de récepteurs radiofréquences mobiles.

Bien entendu, pour une valeur de fréquence déterminée F1 de la première fréquence centrale, l'adaptation de la zone de couverture locale peut être réalisée par déplacement du relais de réémission à une vitesse linéaire relative, relais de réémission mobile / source de transmission et de diffusion, inférieure à une première valeur de vitesse limite V₁, fonction de la valeur de la première fréquence centrale F1.

De la même manière, pour une valeur de fréquence déterminée F2 de la deuxième fréquence centrale, l'adaptation de la zone de couverture locale peut être réalisée par déplacement du relais de réémission mobile à une vitesse linéaire relative récepteur mobile M / relais de réémission mobile inférieure à une deuxième valeur de vitesse limite V₂, fonction de la valeur de la deuxième fréquence centrale F2.

On comprend bien entendu que, compte tenu des paramètres de codage COFDM utilisés pour la mise en oeuvre du protocole, objet de la présente invention, les valeurs limite V₁ et V₂ précédentes sont déterminées à partir de la relation (1) précédemment mentionnée dans la description.

En outre, ainsi qu'on le comprendra à l'observation de la figure 6b, le réseau adaptatif de diffusion à large bande d'un signal audio-vidéo vers des récepteurs radiofréquences mobiles, objet de la présente invention, peut comprendre une pluralité de relais de réémission à la deuxième fréquence centrale F2 unique, distincte de la première fréquence centrale F1, sur une pluralité de zones de couverture locale reconfigurables donc en temps réel pour constituer en fait un sous-réseau monofréquence.

On comprend en particulier que dans ce but, ainsi que représenté sur la figure 6b précitée, le sous-réseau monofréquence peut comprendre un relais de réémission mobile à vitesse nulle, constitué par l'émetteur terrestre fixe, constituant un sous-réseau monofréquence de base, ainsi qu'un système de synchronisation de la réémission de chaque relais de réémission. On comprendra en particulier que le système de synchronisation peut par exemple être implanté au niveau de chaque relais de réémission et tirer parti du signal de synchronisation transmis et diffusé avec le signal codé à large bande diffusé à la première fréquence centrale F1, le signal sclbd₁. Ce système de synchronisation ne sera pas décrit en détail, car il correspond à un processus de synchronisation de type classique dans les réseaux hertziens monofréquence.

En outre, le sous-réseau monofréquence représenté en figure 6b peut comporter un système de comman-

de d'activation/inhibition de réémission d'au moins certains relais de réémission mobiles ou fixes. La commande d'activation/inhibition peut être constituée par une commande séparée à liaison hertzienne terrestre implantée par exemple sur le véhicule motorisé support de l'émetteur terrestre mobile. Dans ces conditions, on indique que bien entendu l'inhibition ou la mise en opération d'un relais de réémission tel que celui représenté en pointillé sur la figure 6b, peut alors être effectuée à partir du véhicule motorisé, support de l'émetteur terrestre mobile, compte tenu des contraintes de distances maximales introduites précédemment dans la description, conformément à la relation 2. Ainsi, grâce à la mise en oeuvre du système de commande d'activation / inhibition de réémission des relais de réémission, il est possible d'adapter structurellement en temps réel la zone de couverture locale résultante de l'activation de réémission de tout ou partie de la pluralité des relais de réémission mobiles ou fixes en fonction de la loi de déplacement d'un ou plusieurs récepteurs mobiles.

Sur la figure 6c, on a représenté un cas particulier, non limitatif, dans le cas où la transmission diffusion du signal codé à large bande diffusé sclbd₁ est réalisée compte tenu d'une modulation spécifique, telle qu'une modulation de fréquences pour le transport par satellite. Sur la figure 6c, on comprend ainsi que le signal codé à large bande en bande de base est transmis à la source de transmission - diffusion, constituée par exemple par un satellite, après modulation, telle que la modulation à modulation de fréquence précitée, par l'intermédiaire d'un dispositif de remodulation pour transport satellite, portant la référence 1₅. Dans ce cas, le signal, compte tenu de cette remodulation, est transmis vers la source de transmission rediffusion, par exemple à la même fréquence F1 que la première fréquence centrale, ou à toute fréquence F0 distincte de cette première fréquence centrale, la transmission diffusion du signal codé à large bande diffusé sclbd₁ à la première fréquence centrale F1 étant bien entendu réalisée compte tenu de cette modulation supplémentaire.

Dans un tel cas, ainsi que représenté sur la figure 6c, tout relais de réémission, portant la référence 2 sur la figure précitée, comprend, outre les éléments 2₀ à 2₇ précédemment décrits dans la description en liaison avec la figure 5b, un élément de démodulation FM, correspondant à l'opération inverse de celle réalisée par l'élément 1₅ précédemment mentionné, cet élément de démodulation portant la référence 2₉.

Une application spécifique du protocole et du réseau adaptatif de diffusion à large bande d'un signal audio-vidéo vers des récepteurs radiofréquences mobiles sera maintenant donnée en liaison avec la figure 7.

Dans cette application, on indique que la collection de récepteurs radiofréquences mobiles est constituée dans le cadre d'une manifestation sportive telle qu'une course cycliste importante, comme le Tour de France, par les véhicules des directeurs sportifs et directeurs de la course qui suivent les coureurs cyclistes et souhaitent

disposer, dans leur véhicule, des images de la course diffusées en direct par un opérateur de télévision ainsi que de données correspondantes telles que temps intermédiaires, écarts, par exemple. Ces images sont disponibles sur les programmes analogiques terrestres diffusés en France selon le procédé SECAM et diffusion par satellite TELECOM 2 par exemple. Ces images et les informations correspondantes concernent les trois dernières heures de chaque étape, par exemple, soit environ les quatre-vingts derniers kilomètres.

La collection des véhicules équipés de récepteurs radiofréquences est répartie sur une zone dont la dimension linéaire est de l'ordre de 30 km environ.

La réception directe de l'émission des images de télévision par satellite est délicate au niveau des véhicules précités, ainsi que mentionné précédemment dans la description.

En ce qui concerne les programmes télévisés diffusés par les réseaux analogiques terrestres ou par voie satellite, la réception est de très mauvaise qualité ainsi qu'il a été indiqué précédemment dans l'introduction à la description.

La couverture globale de l'ensemble des étapes par un réseau terrestre hertzien fixe apparaît très coûteuse au regard de la durée et de l'importance relative de l'événement et de surcroît inadaptée en raison du fait que le tracé et la topographie de chaque étape varient d'une année à l'autre.

Ainsi que représenté sur la figure 7, la diffusion des images de télévision en temps réel de la course par un satellite de télécommunication, tel que le satellite TELECOM 2 par exemple, est utilisée.

Conformément au protocole et au réseau adaptatif, objets de la présente invention, la source de transmission et de diffusion est constituée par une source hertzienne terrestre recevant en vision directe en un point haut l'émission du satellite TELECOM 2 diffusé par l'opérateur de télévision.

Suite à la réception satellite des images de télévision diffusées, ces images et les sons associés, et les données le cas échéant associées, sont numérisés et soumis alors au codage source de type MPEG à 1,5 Mbits/s puis ensuite au codage de canal COFDM au niveau de la source de transmission diffusion 1 précitée. Cette source de transmission diffusion permet alors d'assurer la transmission du signal codé à large bande diffusé sclbd₁ à la première fréquence centrale F1 sous forme de blocs COFDM à 1,5 MHz de largeur de bande selon une voie dite voie montante, constituant en fait une couche de transport sur la figure 7.

On comprend bien sûr que, pour chaque étape, le point haut est choisi à proximité du milieu des quatre-vingts derniers kilomètres de l'étape. Au niveau de ce point haut est installée par exemple une station terrestre mobile, montée sur un véhicule motorisé, ainsi que représenté en figure 6b.

La source de transmission diffusion 1 assure les fonctions ci-après :

- réception des images télévisées de l'étape en temps réel transmises par l'opérateur de télévision sur le satellite TELECOM 2, par exemple.

Pour assurer cette fonction, la source de transmission diffusion comporte une antenne parabolique de l'ordre de 1,20 m de diamètre et les moyens nécessaires à assurer la transposition du signal reçu transmis par voie satellitaire en un signal en bande de base. Les composantes audio et vidéo composites sont extraites du signal en bande de base et transmises au codeur effectuant l'étape de codage de source.

- codage numérique audio-vidéo dérivé du standard DVB-T selon la norme ETS 300 744 comportant :
 - . codage et multiplex ISO/MPEG2 audio-vidéo,
 - . dispersion d'énergie DVB,
 - . codage DVB Reed-Solomon pour un débit final de 1,728 Mbit/s,
 - . entrelacement convolutif DVB.
- le train numérique correspondant au signal source codé ssc est alors soumis à un codage de canal de type codage de canal DAB selon la norme ETS 300 401 avec des opérations de :
 - . dispersion d'énergie DAB
 - . codage convolutif DAB de rendement 3/4
 - . entrelacement convolutif DAB
 - . multiplex DAB
 - . entrelacement fréquentiel DAB
 - . codage COFDM de type mode III avec $\delta = 30 \mu\text{s}$ pour une largeur de bande de 1,536 MHz.
- le bloc COFDM obtenu est alors transmis et diffusé à la première fréquence centrale F1, par exemple bande III pour une portée suffisante :
 - . après amplification de puissance en fonction de la fréquence F1 et de la portée du relais de réémission à atteindre à une distance de 60 km environ,
 - . l'antenne d'émission correspondant à l'antenne d'émission 1₄ sur la figure 5a peut alors être constituée par une antenne dipôle quart d'onde, antenne peu directionnelle, afin d'obtenir la zone de couverture générale.

Une seule station ou relais de réémission 2 est alors utilisée, ce relais de réémission étant embarqué sur un avion de type TB20 survolant alors la collection des véhicules destinataires en décrivant des boucles à vitesse réduite inférieure à 300 km/h et à une altitude comprise entre 1000 et 3000 mètres par rapport à la zone de déplacement des véhicules. Le relais de réémission correspond à celui représenté en figure 6a. L'antenne de réception à la fréquence F1, référencée 2₀ sur la figure

6a, peut être fixée sous l'appareil. Cette antenne est une antenne classique pour la réception DAB en bande III. La valeur de la fréquence F₂ de la deuxième fréquence centrale est choisie en bande L par exemple. Le signal codé à large bande diffusé à cette deuxième fréquence centrale scld₂ est diffusé alors après amplification avec une puissance de 50 W par l'antenne d'émission ou de réémission, portant la référence 2₈ sur la figure 6a, cette antenne pouvant par exemple être constituée par une antenne dipôle quart-d'onde fixée sous l'avion.

En ce qui concerne les véhicules équipés d'un récepteur radiofréquences mobiles, on indique que ces récepteurs reçoivent les blocs COFDM émis par l'avion ou plus précisément par la station de réémission 2 à la deuxième fréquence centrale F2, chaque véhicule et les récepteurs associés à ces véhicules étant alors équipés d'une antenne de réception DAB en bande L classique. Le récepteur mobile alors effectue des opérations de réception et de décodage intégrées ci-après :

- réception radiofréquence selon la norme DAB ETS 300 401 de sensibilité supérieure à -98 dBm si F2 est en bande L ;
- décodage de canal DAB ;
- décodage DVB, y compris entrelacement convolutif, codage de Reed-Solomon et dispersion d'énergie ;
- décodage et démultiplexage de type MPEG 2 pour obtenir en sortie les composantes audio et vidéo ;
- les composantes audio et vidéo sont ensuite restituées à l'aide de hauts-parleurs amplifiés et d'un moniteur de type moniteur de télévision.

35 Revendications

1. Protocole de diffusion à large bande d'un signal audio-vidéo vers des récepteurs radio-fréquences mobiles à une fréquence de réception, caractérisé en ce que ledit protocole consiste :
 - à soumettre ledit signal audio-vidéo à un codage source pour engendrer un signal source codé ;
 - à soumettre ledit signal source codé à un codage de canal pour engendrer un signal codé à large bande consistant en une suite de symboles de durée Ts espacés dans le domaine temporel d'un intervalle de garde temporel et répartis dans le domaine fréquentiel sur des intervalles de fréquences disjoints, les ondes porteuses de chacun des symboles étant séparées par un intervalle de garde fréquentiel Δf ;
 - à transmettre et diffuser ledit signal codé à large bande à une première fréquence centrale F1, fréquence de diffusion, en un signal codé à large bande diffusé, sur une zone de couverture générale ;

- à réémettre à partir d'au moins un relais de réémission, situé dans ladite zone de couverture générale et assurant la réception à la première fréquence centrale F1 dudit signal codé à large bande diffusé à une deuxième fréquence centrale F2, égale à ladite fréquence de réception, sur au moins une zone de couverture locale, siège instantané desdits récepteurs radiofréquences mobiles, ce qui permet d'adapter ladite zone de couverture locale à la position desdits récepteurs radiofréquences mobiles pour une réception optimale.

2. Protocole selon la revendication 1, caractérisé en ce que, pour une vitesse relative v_1 de la source de diffusion à la première fréquence centrale F1 et dudit relais de réémission et pour une vitesse relative v_2 du relais de réémission à la deuxième fréquence centrale F2 et de chaque récepteur radiofréquences mobiles, le décalage en fréquence global ΔF du signal reçu par ledit récepteur mobile, vérifie la relation :

$$\Delta F = [F1.v_1 + F2.v_2] / c \leq \Delta f / K$$

où $K > 2$ et c désigne la vitesse de propagation de la lumière dans l'atmosphère.

3. Protocole selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que l'étape consistant à réémettre à partir d'au moins un relais de réémission ledit signal codé à large bande diffusé à ladite deuxième fréquence centrale F2 est réalisée à partir d'une pluralité de relais de réémission, constituant un réseau monofréquentiel, deux relais de réémission étant au plus distants d'une distance maximale D vérifiant la relation :

$$2 \cdot \frac{D}{c} + \tau \leq \delta$$

relation dans laquelle :

- τ désigne le retard maximum de traitement introduit par l'opération de réémission dans chaque relais de réémission ;
- δ désigne le décalage temporel maximum admissible entre les signaux de réception reçus par chaque récepteur radiofréquences mobile, c'est-à-dire l'intervalle de garde temporel.

4. Protocole selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que l'étape de transmission et de diffusion est réalisée au moyen d'une pluralité de transmissions et diffusions sensiblement simultanées dudit signal codé à large bande diffusé à la première fréquence centrale F1, fréquence de dif-

fusion, sur une pluralité de zones de couverture générale, deux sources de transmission et de diffusion étant au plus distantes d'une distance D' maximale vérifiant la relation :

$$2 \cdot \frac{D'}{c} + \tau' < \delta$$

relation dans laquelle :

- τ' désigne le retard maximum de traitement introduit par l'opération de réémission dans chaque relais de réémission ;
- δ désigne le décalage temporel maximum admissible entre les signaux de réception reçus par chaque récepteur radiofréquences mobile, c'est-à-dire l'intervalle de garde temporel.

5. Réseau adaptatif de diffusion à large bande d'un signal audio-vidéo vers des récepteurs radiofréquences mobiles accordés sur une fréquence de réception, caractérisé en ce que celui-ci comporte :

- des moyens de codage source dudit signal audio-vidéo permettant d'engendrer un signal source codé ;
- des moyens de codage de canal permettant, à partir dudit signal source codé, d'engendrer un signal codé à large bande ;
- des moyens de transmission et de diffusion à une première fréquence centrale F1 de ce signal codé à large bande en un signal codé à large bande diffusé sur une zone de couverture générale ;
- au moins un moyen de réémission relais mobile assurant la réception, dans la zone de couverture générale à la première fréquence centrale F1, dudit signal codé à large bande diffusé et la réémission de ce signal codé à large bande diffusé à une deuxième fréquence centrale F2, distincte de la première fréquence centrale F1 et égale à la fréquence de réception, sur une zone de couverture locale, siège instantané desdits récepteurs mobiles équipés de moyens de réception à la deuxième fréquence centrale F2, ce qui permet d'adapter ladite zone de couverture locale à la position desdits mobiles pour une réception optimale.

6. Réseau adaptatif selon la revendication 5, caractérisé en ce que, pour une valeur de fréquence déterminée F1 de la première fréquence centrale, l'adaptation de ladite zone de couverture locale est réalisée par déplacement dudit moyen de réémission relais mobile à une vitesse linéaire relative, moyen de réémission relais mobile / moyens de transmission et de diffusion, inférieure à une première valeur de vitesse limite V_1 fonction de la valeur de ladite pre-

mière fréquence centrale F1.

7. Réseau adaptatif selon la revendication 6, caracté-
risé en ce que, pour une valeur de fréquence déter-
minée F2 de la deuxième fréquence centrale, l'adaptation de ladite zone de couverture locale est
réalisée par déplacement dudit moyen de réémission mobile à une vitesse linéaire relative, récep-
teurs mobiles / moyen de réémission relais mobile, inférieure à une deuxième valeur de vitesse limite
 V_2 , fonction de la valeur de ladite deuxième fré-
quence centrale F2. 5
8. Réseau adaptatif selon l'une des revendications 5
à 7, caractérisé en ce que celui-ci comprend une
pluralité de moyens de réémission relais mobiles
assurant la réception, dans la zone de couverture
générale à la première fréquence centrale F1, dudit
signal codé à large bande, et la réémission de ce
signal codé à large bande à une deuxième fréquen-
ce centrale F2 unique, distincte de ladite première
fréquence centrale F1, sur une pluralité de zones
de couverture locales, ladite pluralité de moyens de
réémission relais mobiles et de zones de couvettu-
re locales constituant un sous-réseau monofré-
quence. 10 15 20 25
9. Réseau adaptatif selon la revendication 8, caracté-
risé en ce que ledit sous-réseau monofréquence
comprend : 30
 - des moyens de réémission relais mobiles à vi-
tesse nulle, constituant un sous-réseau mo-
nofréquence de base ;
 - des moyens de synchronisation de la réémis-
sion de chaque moyen de réémission relais
mobile ; 35
 - des moyens de commande d'activation / inhibi-
tion de réémission de chaque moyen de réé-
mission relais mobile, deux moyens de réémis-
sion relais mobile dont le signal codé à large
bande diffusé a la même deuxième fréquence
centrale F2 étant commandés en activation de
réémission conditionnellement à un critère de
distance de séparation de moyens de réémis-
sion relais mobile au plus égale à la distance
d'écho maximale, fonction du mode de codage
à large bande. 40 45
10. Réseau adaptatif selon la revendication 9, caracté-
risé en ce que celui-ci comporte en outre des
moyens de gestion des moyens de commande
d'activation / inhibition de réémission de chaque
moyen de réémission, ce qui permet d'adapter
structurellement en temps réel la zone de couver-
ture locale résultante de l'activation de réémission
de tout ou partie de la pluralité de moyens de réé-
mission relais mobiles, en fonction de la loi de dé- 50 55

placement d'un ou plusieurs récepteurs mobiles.

11. Réseau adaptatif selon l'une des revendications 5
à 10, caractérisé en ce que lesdits moyens de trans-
mission et de diffusion à une première fréquence
centrale F1 du signal codé à large bande appartiennent
au groupe transpondeur satellitaire, station
terrestre ou aérienne, fixe ou mobile.
12. Réseau adaptatif selon l'une des revendications 5
à 11, caractérisé en ce que lesdits moyens de réé-
mission relais mobile sont embarqués sur un aéro-
nef.

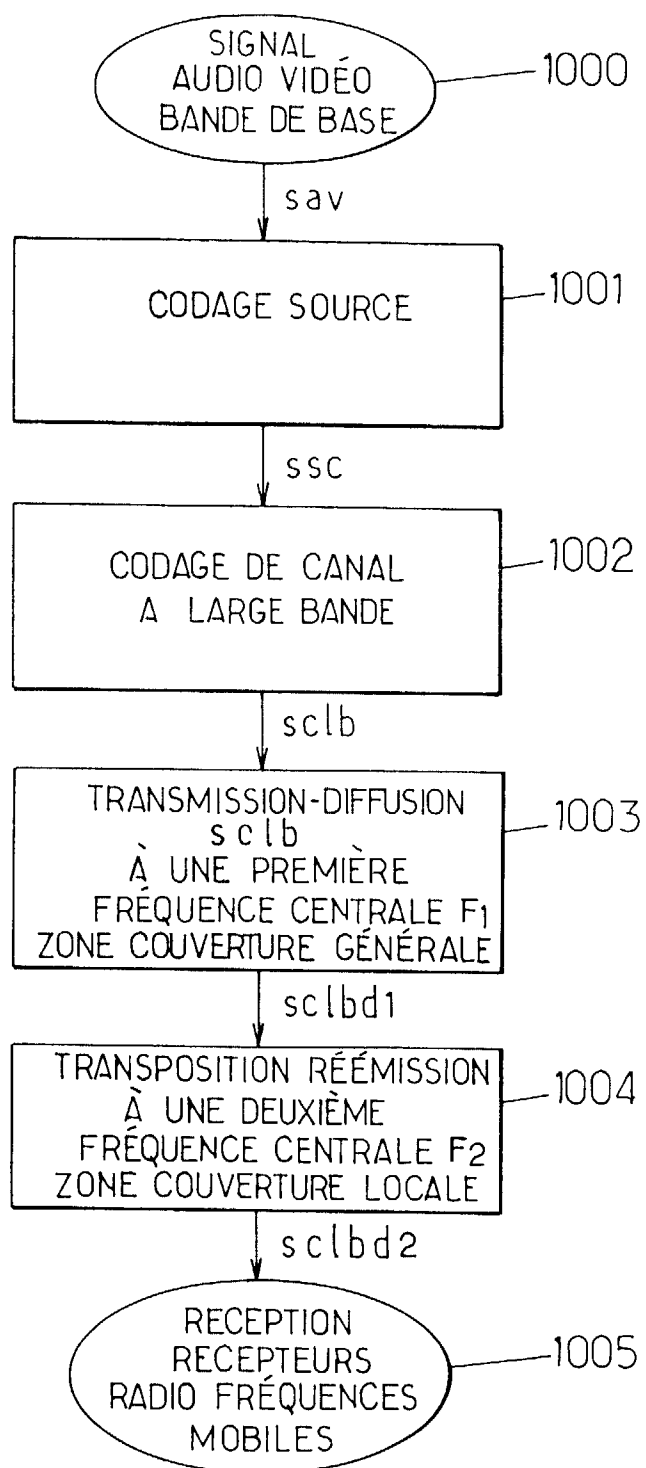


FIG.1.

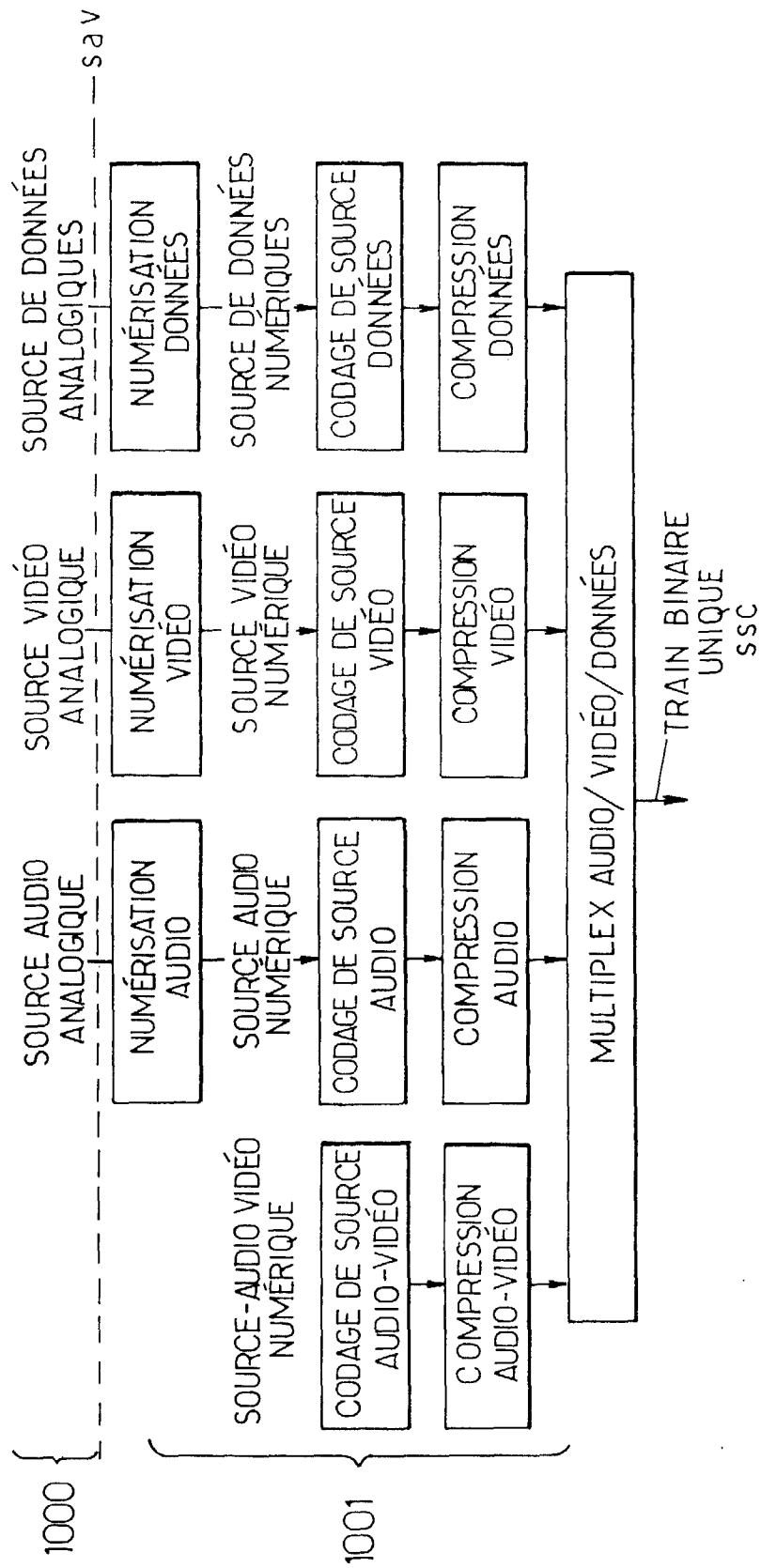
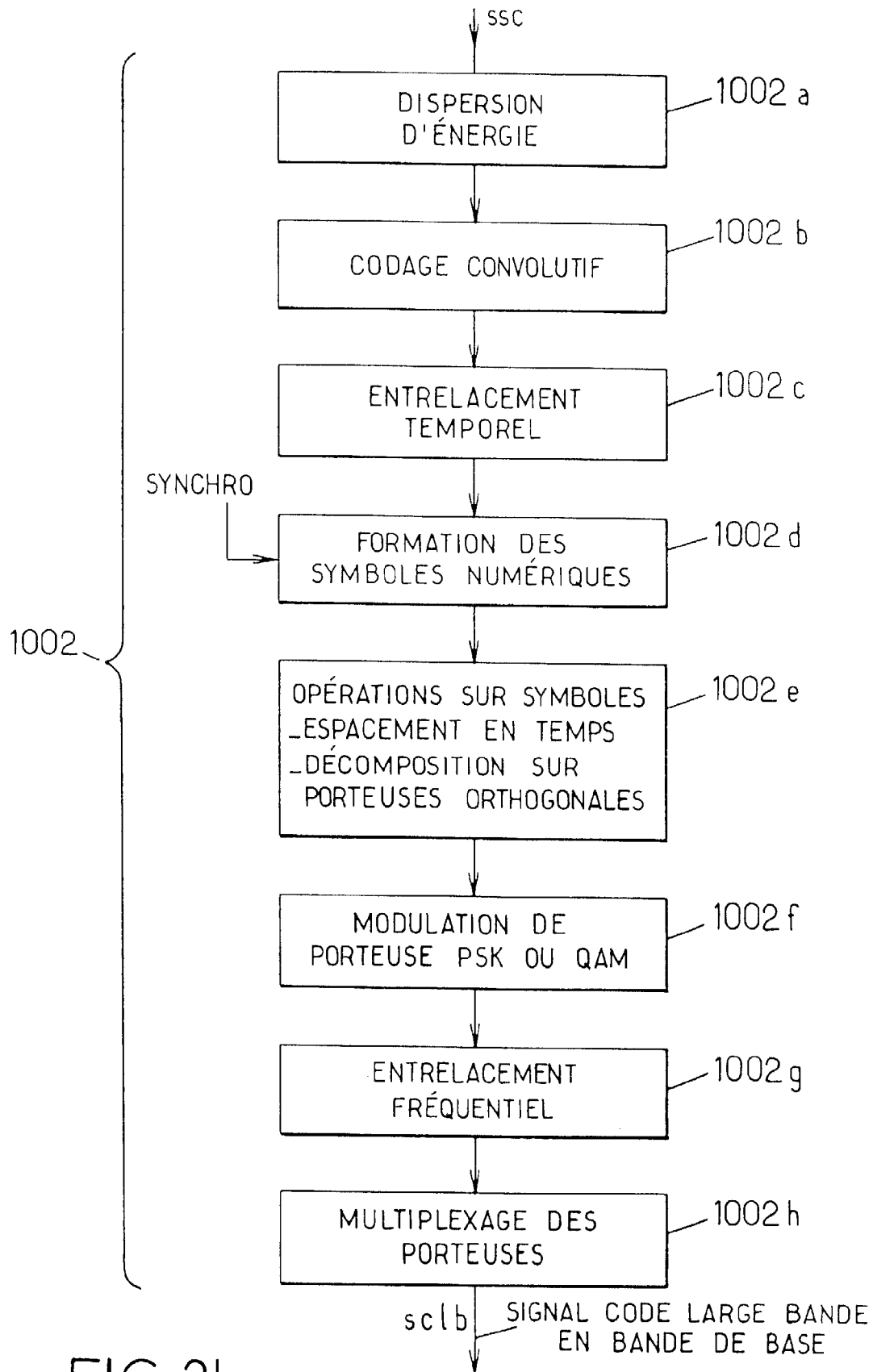


FIG. 2a.



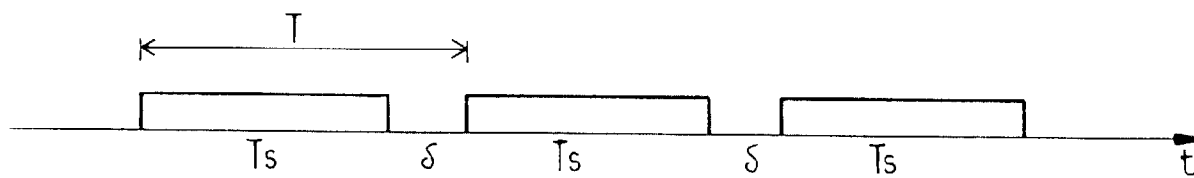


FIG. 3a



FIG. 3b

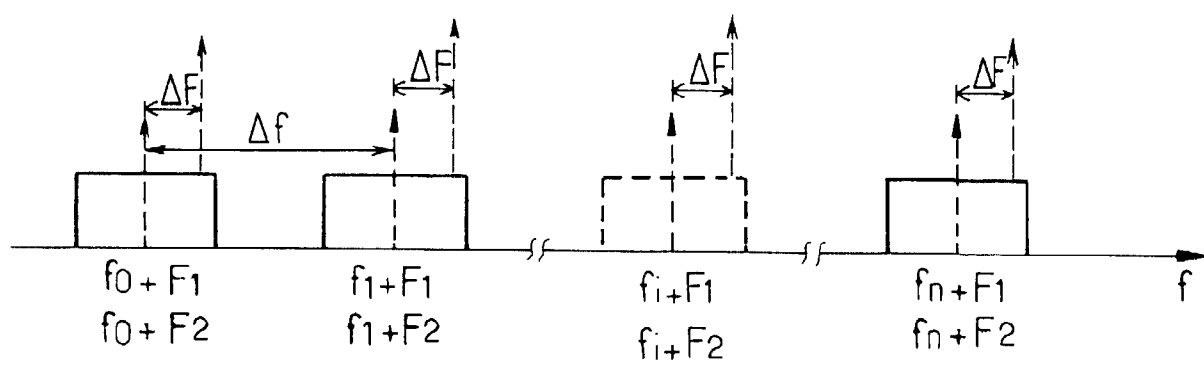


FIG. 3c

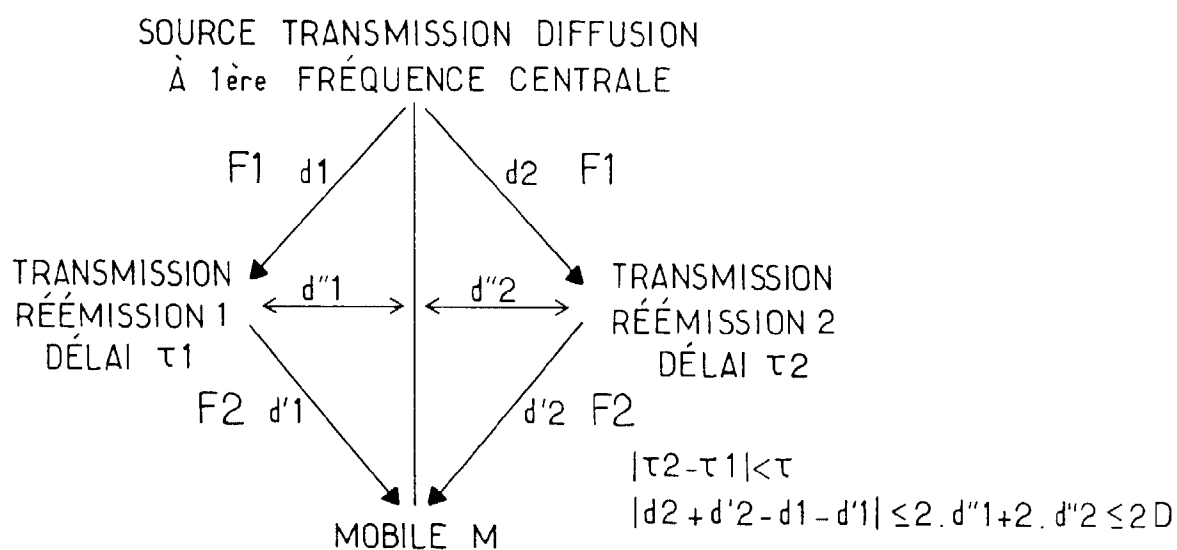


FIG. 4a

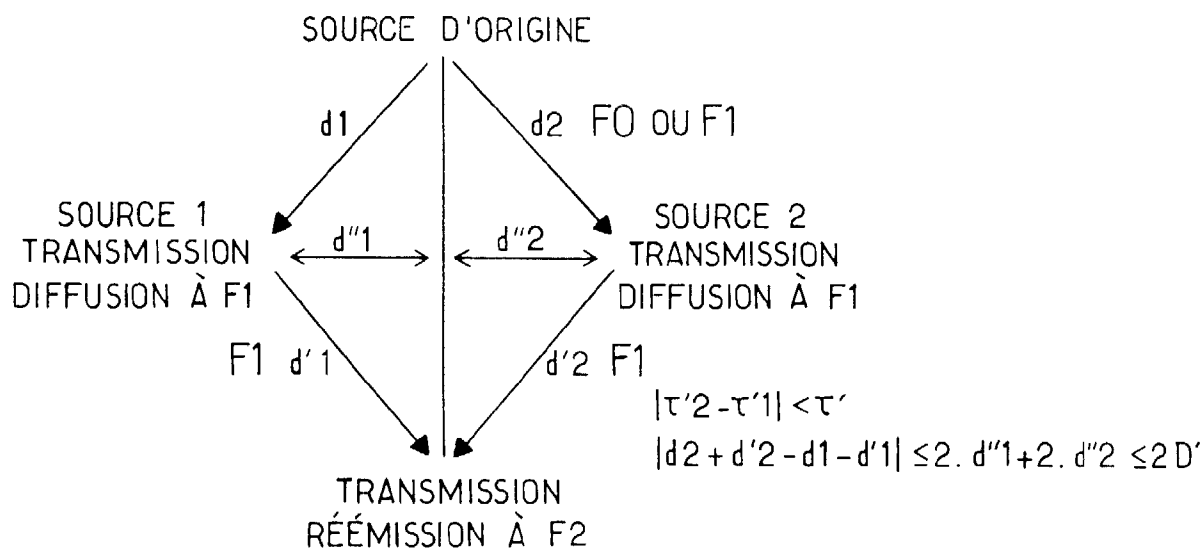
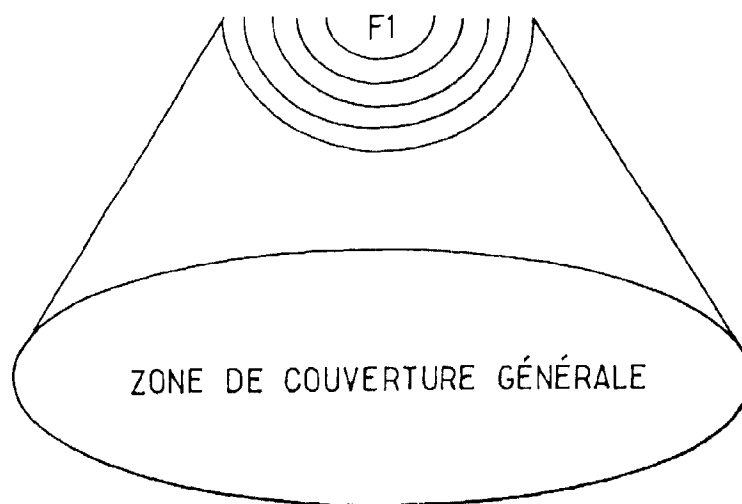
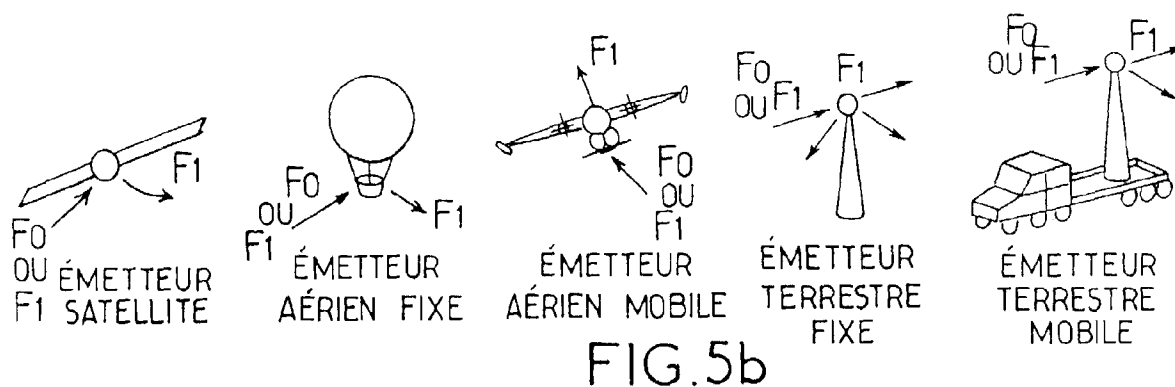
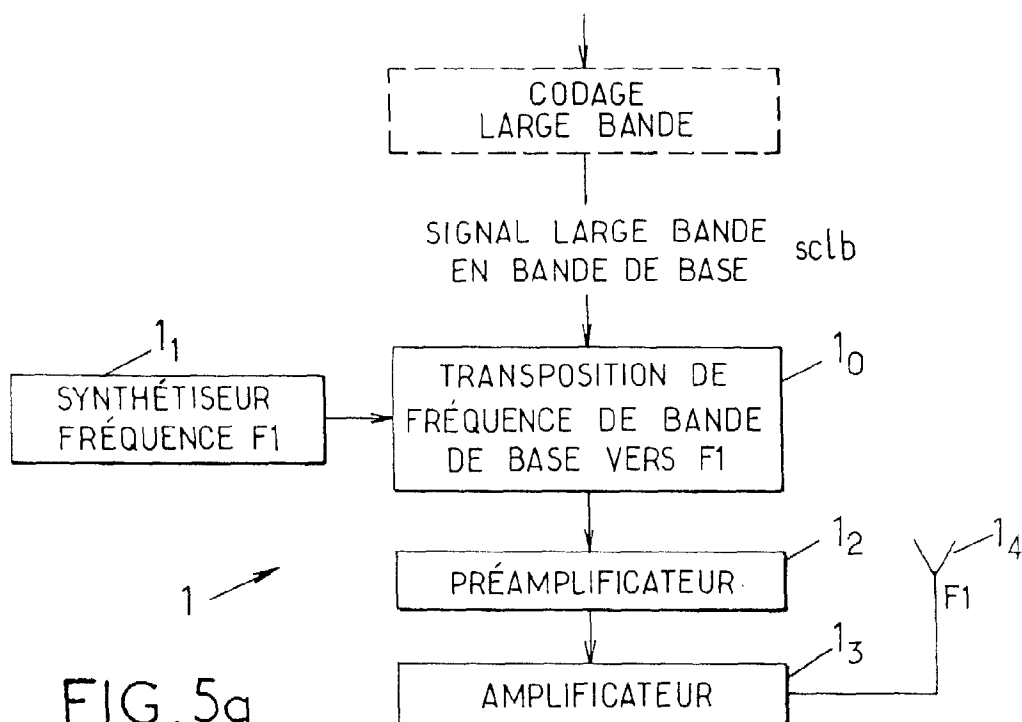


FIG. 4b



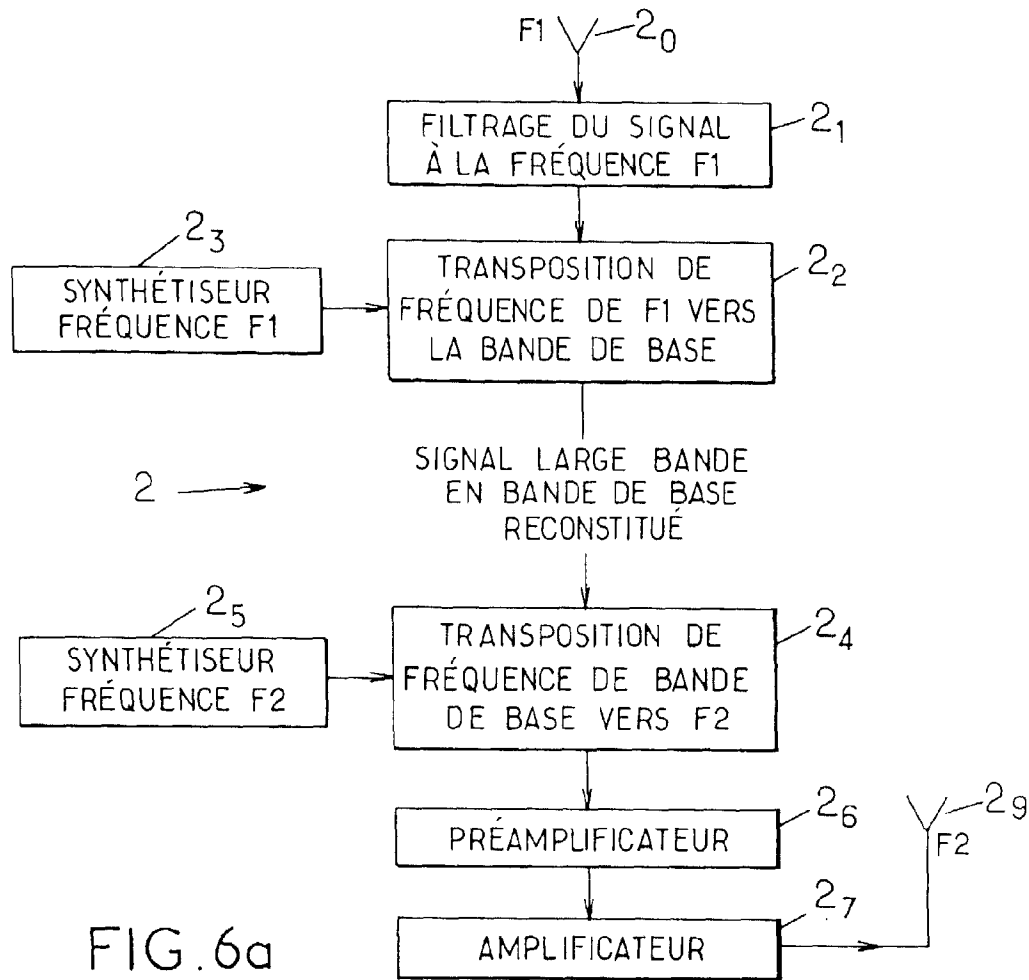


FIG. 6a

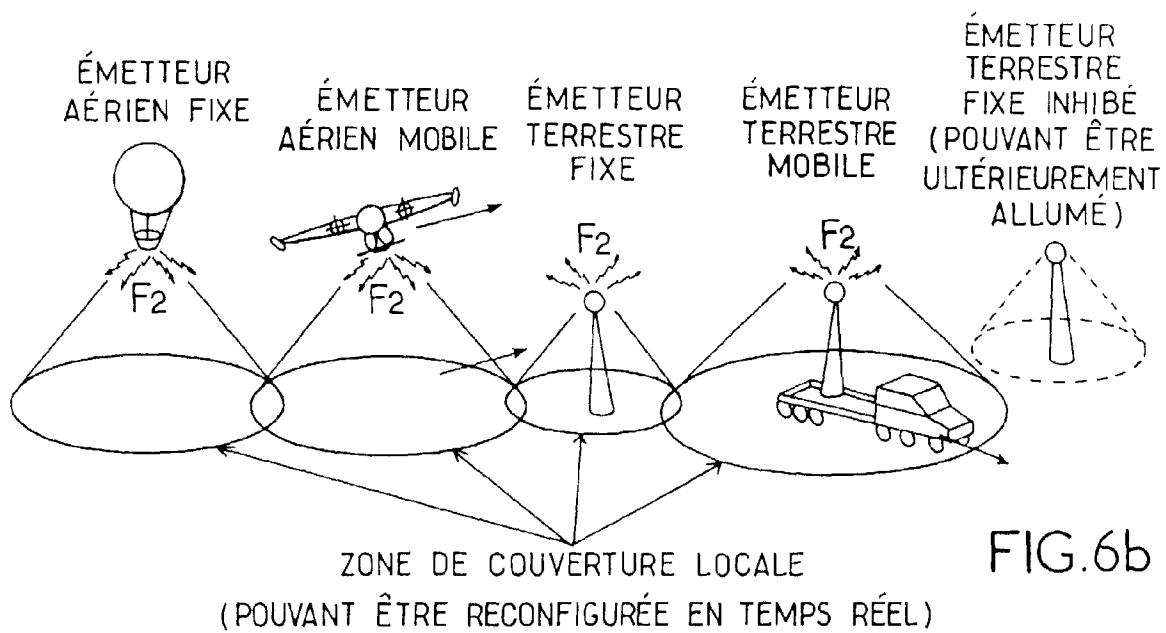


FIG. 6b

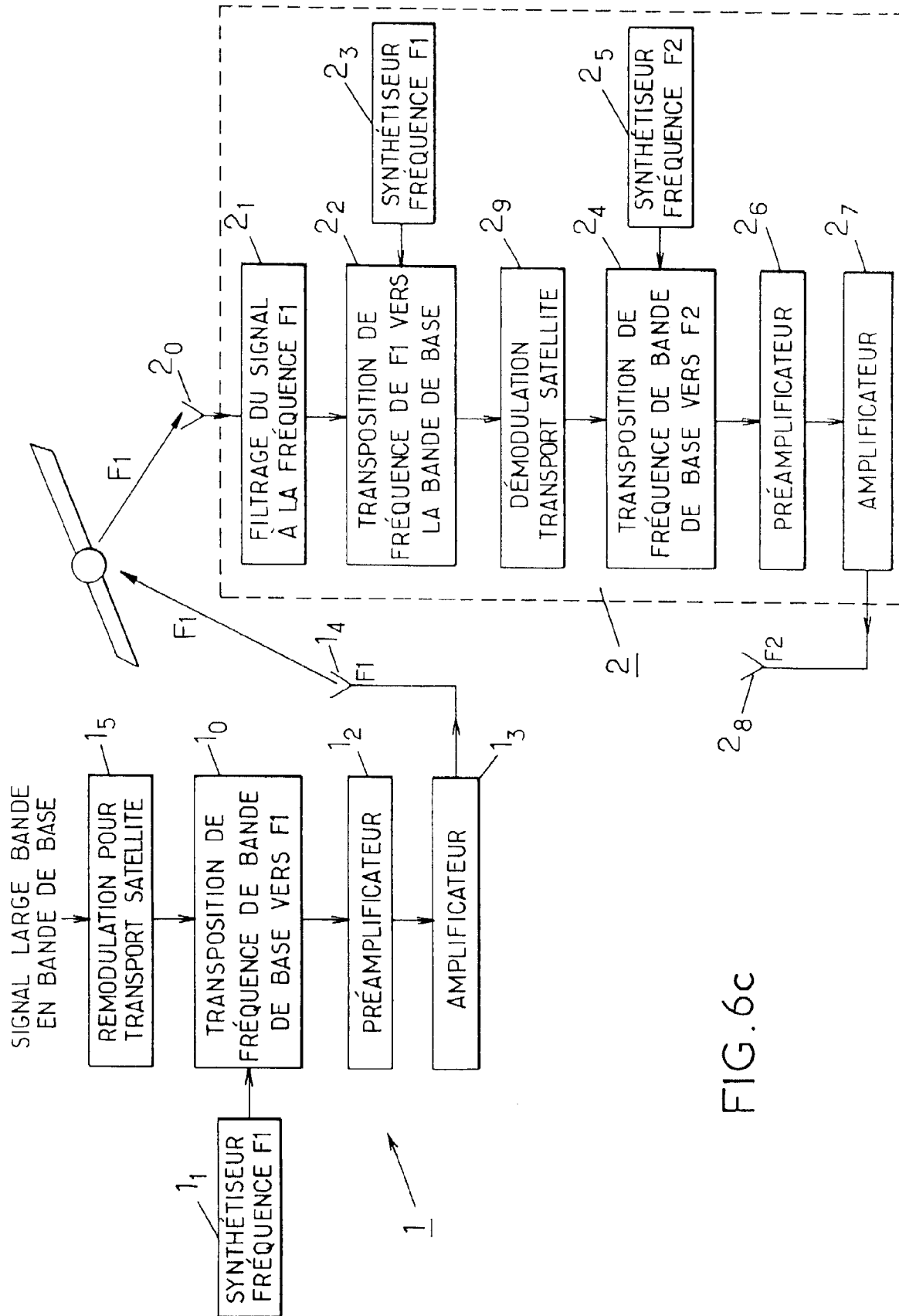


FIG. 6c

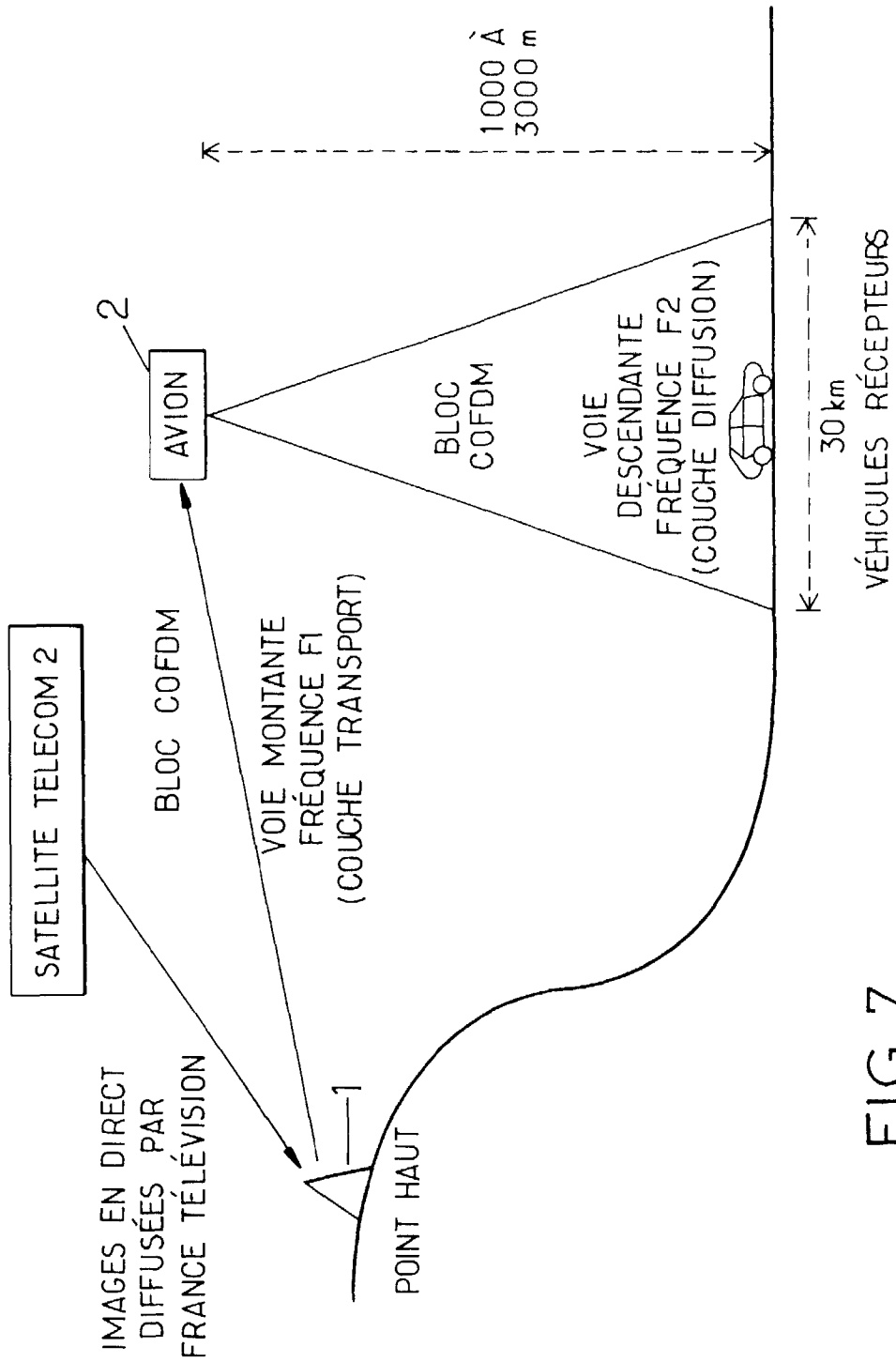


FIG.7



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande
EP 98 40 1605

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int.Cl.6)
A	GB 2 306 867 A (ROBERT BOSCH GMBH) 7 mai 1997 * page 1, ligne 1 - page 2, ligne 25; revendication 1; figure 1 *	1,5	H04H1/00
A	EP 0 540 232 A (AMERICAN TELEPHONE & TELEGRAPH AT&T) 5 mai 1993 * page 2, ligne 1 - page 3, ligne 25; revendication 1; figure 1 *	1,5	
A	WO 94 29977 A (STANFORD TELECOMMUNICATIONS INC.) 22 décembre 1994 * page 1, ligne 1 - page 2, ligne 1; revendications 1,10; figure 1 *	1,5	
A	WO 94 11960 A (MOBILE TELECOMMUNICATIONS TECHNOLOGIES) 26 mai 1994 * page 1, ligne 1 - page 11, ligne 6; revendications 1-3; figure 1 *	1,5	
A	DE 36 05 032 A (DEUTSCHE THOMSON-BRANDT GMBH) 20 août 1987 * colonne 1, ligne 53 - colonne 2, ligne 32; revendication 1; figure 1 *	1,5	
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.6) H04H
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 13 octobre 1998	Examineur De Haan, A.J.
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES 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 T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

EPO FORM 1503 03/82 (PdeC02)