

RECOMMANDATION UIT-R M.1450-2^{*,**}**Caractéristiques des réseaux locaux hertziens à large bande**

(Questions UIT-R 212/8 et UIT-R 142/9)

(2000-2002-2003)

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

- a) que les réseaux locaux hertziens (RLAN, *radio local area networks*) à large bande seront largement utilisés pour des équipements informatiques semi-fixes (transportables) et portables en vue de diverses applications à large bande;
- b) que les normes relatives aux RLAN à large bande qui sont actuellement élaborées seront compatibles avec les normes actuelles applicables aux LAN filaires;
- c) qu'il est souhaitable d'établir des directives d'utilisation des RLAN à large bande dans diverses bandes de fréquences;
- d) que les RLAN à large bande devraient être mis en œuvre après un examen minutieux de leur compatibilité avec d'autres applications hertziennes;
- e) que les directives mentionnées ci-dessus ne devraient pas limiter l'efficacité des RLAN à large bande, mais devraient servir au contraire à en améliorer le développement,

recommande

- 1** de se reporter au Tableau 2 où sont indiquées les techniques d'accès multiple et de modulation préférées pour l'emploi de RLAN à large bande dans des applications mobiles;
- 2** de se reporter au Tableau 3 où sont indiquées les normes de RLAN à large bande existantes;
- 3** de se reporter à l'Annexe 1 où sont indiquées les caractéristiques des RLAN à large bande;
- 4** de se reporter à l'Annexe 2 où sont indiqués les systèmes de modulation utilisant le multiplexage par répartition orthogonale de la fréquence (MRFO) qui sont adaptés aux RLAN à large bande;
- 5** de se reporter à l'Annexe 3 où sont indiqués en détail les systèmes d'accès à distance qui sont adaptés aux RLAN dans des applications mobiles;
- 6** de se reporter à la Recommandation UIT-R F.1244 pour d'autres informations concernant les RLAN.

NOTE 1 – Les abréviations et la terminologie utilisées dans la présente Recommandation sont présentées dans le Tableau 1.

* La présente Recommandation a été élaborée conjointement par les Commissions d'études 8 et 9 des radiocommunications qui devraient en réaliser conjointement la révision future.

** La présente Recommandation doit être portée à l'attention de la Commission d'études 17 de la normalisation des télécommunications et des Commissions d'études 3 et 4 des radiocommunications.

TABLEAU 1

Abréviations et termes utilisés dans la présente Recommandation

AGA	Amplificateur à gain automatique
AHF	Accès hertzien fixe
AMDP/AC	Accès multiple avec détection de porteuse anti-collision
AMES	Accès multiple par étalement de spectre
AMRC	Accès multiple par répartition en code
AMRF	Accès multiple par répartition en fréquence
AMRT	Accès multiple par répartition dans le temps
ARA	Protocole d'accès à distance d'Apple (<i>apple remote access</i>)
ATM	Mode de transfert asynchrone (<i>asynchronous transfer mode</i>)
BIS	Brouillage intersymboles
BRAN	Réseaux hertziens à large bande (<i>broadband radio networks</i>)
CAF	Commande automatique de fréquence
CAG	Commande automatique de gain
CAS	Commande d'accès support
CPE	Commande de la puissance d'émission
DCS	Sélection dynamique des canaux (<i>dynamic channel selection</i>)
DE	Débit élevé HIPERLAN 1 pendant la transmission des données uniquement
DF	Débit faible HIPERLAN 1 pendant la signalisation uniquement
DFS	Sélection dynamique des fréquences (<i>dynamic frequency selection</i>)
DRF	Duplex à répartition en fréquence
DRT	Duplex à répartition dans le temps
ETSI	Institut européen des normes de télécommunication
EY-NPMA	Accès multiple par ordre de priorité sans préemption et à élimination (<i>elimination-yield non-pre-emptive priority multiple access</i>)
FI	Fréquence intermédiaire
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IETF	Internet Engineering Task Force
IG	Intervalle de garde
IP	Protocole Internet (<i>Internet protocol</i>)
LSIC	Circuits intégrés à grande échelle (<i>large scale integrated circuits</i>)
MAQ	Modulation d'amplitude en quadrature
MC	Moindres carrés
MCC	Modulation par code complémentaire
MCR	Moindres carrés récurrents
MDF	Modulation par déplacement de fréquence
MDMG	Modulation à déplacement minimum gaussien
MDP	Modulation par déplacement de phase
MDP-2	Modulation par déplacement de phase bivalente
MDP-4	Modulation par quadrature de phase

TABLEAU 1 (*fin*)

MDP-4 D	Modulation par déplacement de phase à quatre états avec détection différentielle
MRFO	Multiplexage par répartition orthogonale de la fréquence
MTHA	Mode de transfert hertzien asynchrone
PA	Point d'accès
PBCC	Codage par convolution binaire de paquets (<i>packet binary convolution coding</i>)
PDA	Paquet de demande d'authentification
PDCS	Protocole dynamique de configuration de serveur
PDU	Unité de données de protocole (<i>protocol data unit</i>)
PLT	Professions libérales et télétravailleurs
PPP	Protocole point à point
RF	Fréquence radioélectrique (<i>radio frequency</i>)
RNIS	Réseau numérique à intégration de services
RRLE	Réseau radioélectrique local d'entreprise
RTPC	Réseau téléphonique public avec commutation
SD	Séquence directe
SF	Sauts de fréquence
TCP	Protocole de commande de transmission (<i>transmission control protocol</i>)
TEP	Taux d'erreur sur les paquets
TFR	Transformée de Fourier rapide
TFRI	Transformée de Fourier rapide inverse
Bande de fréquences	Spectre d'exploitation nominale de l'application
Débit binaire	Débit de transfert des informations binaires entre deux dispositifs de réseau
Découpage en canaux	Largeur de bande de chaque canal et nombre de canaux pouvant être contenus dans la largeur de bande radioélectrique attribuée
Méthode d'accès	Système d'accès multiple à un canal
Modulation	Méthode utilisée pour mettre des informations numériques sur une porteuse RF
Puissance de l'émetteur	Puissance radioélectrique (W) produite par l'émetteur

TABLEAU 2

Méthodes d'accès multiple et techniques de modulation

Bande de fréquences	Accès multiple	Technique de modulation
Ondes décimétriques	AMDP/AC AMRF AMRT AMES-SD AMES-SF	MCC PBCC
Ondes centimétriques	AMDP/AC AMRF AMRT-DRF AMRT-DRT AMRT/EY-NPMA	MDMG-MDF MDP-2-MRFO MDP-4-MRFO MDP-8-MRFO MAQ-16-MRFO MAQ-64-MRFO

TABLEAU 3

Paramètres techniques relatifs aux applications des RLAN à large bande

Norme réseau	IEEE, Projet 802.11b	IEEE, Projet 802.11a ⁽¹⁾	ETSI, BRAN HIPERLAN 1 ETS 300-652	ETSI, BRAN HIPERLAN 2 ^{(1), (2)}	MMAC HSWA HiSWANa ⁽¹⁾
Méthode d'accès	AMDP/AC, AMES	AMDP/AC	AMRT/EY-NPMA	AMRT/DT	AMRT/TDD
Modulation	MCC (étalement complexe sur 8 éléments)	MAQ-64-MRFO MAQ-16-MRFO MDP-4-MRFO MDP-2-MRFO 52 sous-porteuses (voir la Fig. 1)	MDMG/MDF	MAQ-64-MRFO MAQ-16-MRFO MDP-4-MRFO MDP-2-MRFO 52 sous-porteuses (voir la Fig. 1)	MAQ-64-MRFO MAQ-16-MRFO MDP-4-MRFO MDP-2-MRFO 52 sous-porteuses (voir la Fig. 1)
Débit	1, 2, 5,5 et 11 Mbit/s	6, 9, 12, 18, 24, 36, 48 et 54 Mbit/s	23 Mbit/s (DE) 1,4 Mbit/s (DF)	6, 9, 12, 18, 27, 36 et 54 Mbit/s	6, 9, 12, 18, 27, 36 et 54 Mbit/s
Bande de fréquences	2 400-2 483,5 MHz	5 150-5 250 MHz 5 725-5 825 MHz 5 250-5 350 MHz ⁽³⁾	5 150 à 5 300 MHz Dans certains pays limitée à 5 150-5 250 MHz ⁽³⁾	5 150-5 350 et 5 470-5 725 MHz ⁽³⁾	5 150-5 520 MHz ^{(3), (6)}
Découpage en canaux	Espacement de 25/30 MHz 3 canaux	Espacement de 20 MHz	23,5294 MHz (DE) 3 canaux dans 100 MHz et 5 canaux dans 150 MHz 1,4 MHz (DF)	Espacement de 20 MHz 8 canaux dans 200 MHz 11 canaux dans 255 MHz	Espacement de 20 MHz 4 canaux dans 100 MHz

TABLEAU 3 (*fin*)

Norme réseau	IEEE, Projet 802.11b	IEEE, Projet 802.11a ⁽¹⁾	ETSI, BRAN HIPERLAN 1 ETS 300-652	ETSI, BRAN HIPERLAN 2 (1), (2)	MMAC HSWA HiSWANa ⁽¹⁾
Puissance de l'émetteur	p.i.r.e. de 1 000 mW ⁽⁴⁾ p.i.r.e. de 100 mW ⁽⁵⁾ Densité de p.i.r.e. 10 mW/MHz ⁽⁶⁾	5 150 à 5 250 MHz 10 mW/MHz p.i.r.e. de 200 mW dans canal à 20 MHz 5 250-5 350 MHz p.i.r.e. de 1 W 5 725-5 825 MHz p.i.r.e. de 4 W ⁽⁷⁾	Trois classes différentes de niveaux de puissance selon les administrations nationales p.i.r.e. de 1 W, p.i.r.e. de 100 mW, p.i.r.e. de 10 mW. Limite de puissance réglementaire dans les pays de la CEPT: p.i.r.e. moyenne maximale de 200 mW	5 150-5 350 MHz: p.i.r.e. moyenne maximale de 200 mW et utilisation de la commande de la puissance d'émission. 5 470-5 725 MHz: p.i.r.e. moyenne maximale de 1 W et utilisation de la commande de la puissance d'émission	5 150-5 250 MHz p.i.r.e. de 10 mW/MHz ⁽⁶⁾
Considérations de partage	<ul style="list-style-type: none"> – L'accès AMRC permet l'étalement orthogonal du spectre. – L'accès AMDP/AC fournit l'étiquette d'accès «écouter avant de parler» 	<ul style="list-style-type: none"> – Le multiplexage MRFO donne une faible densité spectrale de puissance. – L'accès AMDP/AC fournit l'étiquette d'accès «écouter avant de parler». – Dans la bande 5 150-5 250 MHz la limite de densité de p.i.r.e. devrait être conforme à la Recommandation UIT-R M.1454 	Dans la bande 5 150-5 250 MHz la limite de densité de p.i.r.e. devrait être conforme à la Recommandation UIT-R M.1454	<ul style="list-style-type: none"> – Le multiplexage MRFO donne une faible densité spectrale de puissance. – Dans la bande 5 150-5 250 MHz la limite de densité de p.i.r.e. devrait être conforme à la Recommandation UIT-R M.1454. Utilisation de la sélection dynamique des fréquences pour garantir une occupation du spectre quasiment uniforme et pour faciliter le partage avec les radars dans les bandes 5 250-5 350 MHz et 5 470-5 725 MHz. Restriction réglementaire à l'utilisation en intérieur uniquement dans la bande 5 150-5 350 MHz dans les pays de la CEPT 	<ul style="list-style-type: none"> – Le multiplexage MRFO donne une faible densité spectrale de puissance. – L'étiquette d'accès «écouter avant de parler» est fournie (règle relative à la détection de porteuse). – Dans la bande 5 150-5 250 MHz la limite de densité de p.i.r.e. devrait être soumise à la Recommandation UIT-R M.1454

⁽¹⁾ Les paramètres pour la couche physique sont communs à l'IEEE, 802.11a, et à l'ETSI, BRAN HIPERLAN 2 et HiSWANa.

⁽²⁾ Le mode WATM (ATM) et le protocole IP évolué avec QoS sont destinés à être utilisés sur le transport physique BRAN HIPERLAN 2 de l'ETSI.

⁽³⁾ Pour la bande 5 150-5 250 MHz, le numéro 5.447 du Règlement des radiocommunications (RR) s'applique.

⁽⁴⁾ Cette condition a trait à la norme 15.247 de la FCC des États-Unis d'Amérique.

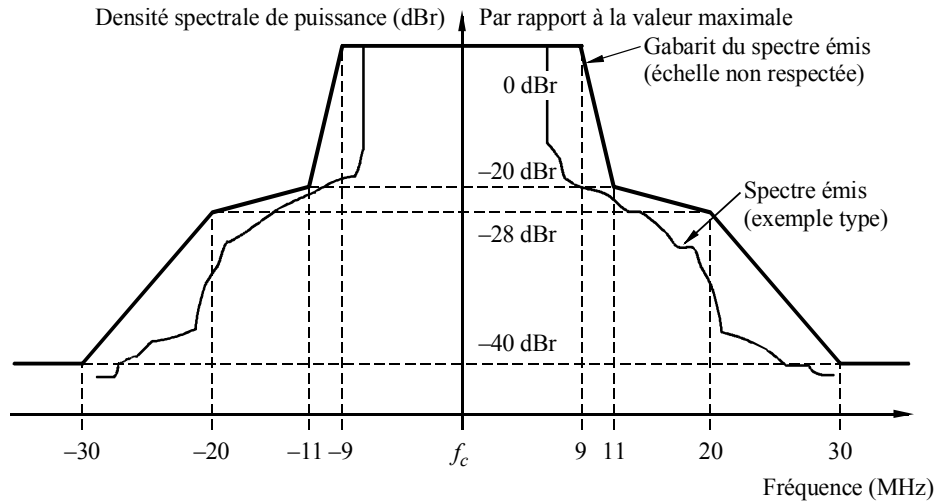
⁽⁵⁾ Cette condition a trait à la norme européenne ETS 300-328.

⁽⁶⁾ Cette condition a trait au décret du MPHPT japonais réglementant les équipements radioélectriques, articles 49-20 et 49-21.

⁽⁷⁾ Toutes les valeurs découlant de l'amendement par la FCC des règles de la Commission appliquées à Docket N° 96-102 permettent l'exploitation de dispositifs NII (RM-8648), ne faisant pas l'objet de licence, dans la gamme de fréquences 5 GHz (RM-865). Également publié dans le cahier des charges sur les normes radioélectriques (CNR) 210 du Canada.

FIGURE 1

Gabarit du spectre émis



1450-01

Annexe 1

Orientations générales à suivre pour la conception de systèmes RLAN à large bande

1 Introduction

Les prochaines normes qui s'appliqueront aux RLAN à large bande permettront la compatibilité de ces réseaux avec des LAN filaires (par exemple IEEE 802.3, 10BASE-T, 100BASE-T et ATM à 51,2 Mbit/s) à des débits binaires comparables. Certains RLAN à large bande ont été développés pour être compatibles avec les LAN filaires actuels et seront employés comme extension sans fil de LAN filaires utilisant les protocoles TCP/IP et ATM, ce qui permettra un fonctionnement sans le «goulet d'étranglement» qui existe avec les LAN hertziens actuels. Les attributions de largeur de bande auxquelles ont procédé récemment certaines administrations faciliteront le développement des RLAN à large bande, ce qui permettra de mettre en oeuvre avec une qualité de service élevée des applications telles que le flux continu audio/vidéo.

Par rapport aux LAN filaires, les RLAN à large bande présentent l'avantage de la portabilité. Les nouveaux ordinateurs portatifs (laptop) ou portables (palmtop, format calculette) sont en effet très portables et offrent la possibilité, lorsqu'ils sont connectés à un LAN filaire, de services interactifs; toutefois, on perd dans ce cas l'avantage de la portabilité. Grâce aux RLAN à large bande, les ordinateurs portables restent portables et fonctionnent à leur potentiel maximum.

Non couverts par les définitions classiques de l'accès hertzien fixe ou mobile, les réseaux informatiques locaux privés devraient être pris en considération. L'utilisateur itinérant de demain ne sera plus vissé à un bureau, mais pourra transporter son ordinateur et garder le contact avec le LAN filaire d'une installation.

Les vitesses des ordinateurs blocs-notes et portatifs ne cessent de croître. Nombre de ces dispositifs peuvent assurer des communications interactives entre utilisateurs sur un réseau filaire, mais perdent leur portabilité lorsqu'ils sont connectés. Les applications et services multimédias exigent des fonctionnalités large bande, non seulement pour les terminaux câblés, mais également pour les dispositifs de communication portables et individuels. Des normes applicables aux réseaux locaux filaires (IEEE 802.3ab, 1000BASE-T) autoriseront des applications multimédias à débit élevé. Pour garder l'avantage de la portabilité, les futurs LAN hertziens devront être adaptés à des débits binaires plus élevés. On définit en général un RLAN à large bande comme un réseau capable de fournir un débit binaire supérieur à 10 Mbits/s.

2 Mobilité

Un RLAN à large bande peut être soit pseudo fixe, comme dans le cas d'un ordinateur de bureau qu'il est possible de transporter de lieu en lieu, soit portable, comme dans le cas d'un ordinateur portatif (laptop) ou portable (format calculette) alimenté par des batteries. La vitesse relative entre dispositifs demeure faible. Utilisés dans des entrepôts, les RLAN peuvent servir à maintenir le contact avec des engins de levage roulant à la vitesse de 6 m/s; les dispositifs RLAN ne sont en général pas conçus pour être utilisés à des vitesses supérieures, par exemple celles des automobiles.

3 Environnement d'utilisation et considérations d'interface

Les RLAN à large bande sont principalement mis en oeuvre à l'intérieur de bâtiments, de bureaux, d'usines, d'entrepôts, etc. En ce qui concerne les dispositifs RLAN installés à l'intérieur de bâtiments, les émissions seront affaiblies par la structure.

Les RLAN utilisent de faibles niveaux de puissance en raison des petites distances correspondant à leur exploitation à l'intérieur de bâtiments. La densité spectrale de puissance nécessaire se fonde sur une zone de service de base d'un seul RLAN, définie comme étant un cercle d'un rayon de 10 à 50 m; lorsqu'un réseau de plus grande taille doit être utilisé, il est possible de concaténer logiquement des RLAN, via une fonction de pont ou de routeur, sans accroître leur densité spectrale de puissance composite.

Un des atouts qu'offrent les RLAN c'est de permettre aux utilisateurs mobiles de se raccorder à leur propre réseau LAN sans l'emploi de fils, en d'autres termes de se connecter à leur propre sous-réseau LAN où que ce soit, à l'intérieur de la zone de service RLAN, laquelle peut s'étendre à d'autres localisations grâce à différents sous-réseaux LAN, ce qui accroît les possibilités qui s'offrent aux utilisateurs mobiles.

L'Annexe 2 décrit plusieurs techniques d'accès à distance permettant d'étendre la zone de service d'un RLAN à d'autres RLAN par différents sous-réseaux. Parmi celles-ci, la technique VLAN (LAN virtuel) mobile constitue une amélioration très prometteuse.

Pour obtenir les zones de couverture auxquelles il est fait allusion ci-dessus, on suppose que les RLAN ont besoin d'une densité spectrale de puissance de crête d'environ 12,5 mW/MHz dans la gamme de fréquences d'exploitation de 5 GHz. Aux fins de transmission de données, certaines normes utilisent des densités spectrales de puissance plus élevée pour l'initialisation et la commande de la puissance d'émission, en fonction de la qualité estimée de la liaison RF. On parle de technique de commande de la puissance d'émission (CPE). La densité spectrale nécessaire est proportionnelle au carré de la fréquence d'exploitation. La densité spectrale moyenne, sur grande échelle, sera nettement moins élevée que la valeur de crête. Les dispositifs RLAN se partagent le spectre des fréquences radioélectriques sur une base temporelle. Le taux d'activité variera en fonction de l'utilisation, de l'application et du moment de la journée.

Les dispositifs RLAN à large bande sont normalement déployés dans des configurations à forte densité et peuvent utiliser une étiquette du type écouter avant de parler, la sélection dynamique des canaux, la sélection dynamique des fréquences (DFS) ou la CPE pour faciliter leur partage du spectre.

4 Architecture du système

Les RLAN à large bande présentent presque toujours une architecture point-multipoint. Les applications point-multipoint utilisent en règle générale des antennes omnidirectionnelles, pointées vers le bas. L'architecture multipoint emploie principalement deux configurations de système:

- 4.1** un système centralisé point-multipoint (dispositifs multiples se raccordant à un dispositif central ou à un point d'accès via une interface radioélectrique);
- 4.2** un système non centralisé point-multipoint (dispositifs multiples communiquant à l'intérieur d'une petite zone sur une base ad hoc);
- 4.3** la technologie RLAN est parfois utilisée pour mettre en oeuvre des liaisons point-à-point fixes entre des bâtiments à l'intérieur d'un campus. Les systèmes point-à-point utilisent en règle générale des antennes directives qui autorisent une plus grande distance entre les dispositifs à lobe étroit, ce qui permet une utilisation en partage des bandes moyennant la réutilisation des canaux avec un minimum de brouillage avec d'autres applications.

5 Réutilisation du spectre

Les RLAN sont généralement prévus pour être exploités dans une partie du spectre ne faisant l'objet d'aucune licence et doivent permettre la coexistence de réseaux adjacents non coordonnés tout en fournissant un service de haute qualité aux utilisateurs. Le partage avec les services primaires doit également être possible dans la bande des 5 GHz. Si les techniques d'accès multiple peuvent permettre d'utiliser un seul canal de fréquence pour plusieurs noeuds, il est nécessaire, pour fournir un service de qualité élevée à plusieurs utilisateurs, que plusieurs canaux soient disponibles, de telle sorte que l'accès aux ressources radioélectriques ne soit pas limité par des mises en file d'attente, par exemple. La technique DFS permet un partage flexible des ressources radioélectriques.

En mode DFS, toutes les ressources radioélectriques sont disponibles sur tous les noeuds RLAN. Un noeud (généralement un noeud de commande ou un point d'accès) peut décider de l'attribution temporaire d'un canal, sélectionné en fonction des brouillages détectés ou de certains critères de qualité (tels que l'intensité du signal reçu C/I). Ces critères de qualité sont déterminés à partir de mesures régulièrement effectuées par les terminaux mobiles et le point d'accès et transmises à l'entité chargée de la sélection.

Grâce à la technique DFS, toutes les fréquences disponibles sont utilisées avec la même probabilité, ce qui maximise la disponibilité d'un canal vers un noeud lorsque celui-ci est prêt à transmettre, et garantit également une répartition uniforme de l'énergie RF sur tous les canaux lorsque le nombre d'utilisateurs est important. Cette dernière caractéristique facilite le partage avec d'autres services susceptibles de subir un brouillage cumulatif dans un canal donné (cas des récepteurs à bord de satellite par exemple).

La CPE doit permettre de diminuer la puissance inutilement consommée par le dispositif, tout en contribuant à la réutilisation du spectre grâce à la réduction de la portée des brouillages des noeuds RLAN.

Annexe 2

Techniques de modulation dans les RLAN à large bande

1 Introduction

Des systèmes RLAN sont actuellement commercialisés dans le monde entier. Il existe plusieurs grandes normes applicables aux systèmes RLAN à large bande (voir le Tableau 3 dans le corps principal de la présente Recommandation qui donne une vue d'ensemble de ces normes).

Grâce aux RLAN à large bande, il est possible de déplacer un ordinateur à l'intérieur d'une certaine zone, représentée par exemple par un bureau, une usine, un lieu de travail (professions libérales et télétravailleurs...) avec des débits binaires élevés, supérieurs à 20 Mbit/s. En raison des grands progrès accomplis dans ce domaine, les utilisateurs exigent une grande liberté de mouvement tout en disposant de débits binaires équivalents à ceux des LAN filaires classiques, comme le 10BASE-T Ethernet.

La présente Annexe décrit les caractéristiques des techniques de modulation mises en oeuvre pour les normes énumérées dans le Tableau 3.

2 Couche physique pour réaliser des réseaux hertziens à débit binaire élevé et stables

On sait que le canal hertzien à large bande est sélectif en fréquences, causant un brouillage intersymboles dans la dimension temporelle et de profondes échancrures dans le domaine des fréquences. Pour réaliser un système d'accès hertzien, à débit binaire élevé, avec des canaux à évanouissement sélectif en fréquences, on peut raccourcir la période des symboles. Une deuxième solution consiste à utiliser la largeur de bande de façon efficace grâce à une modulation multiniveaux. La troisième possibilité est de recourir à une modulation multiporteuses. Les deux premières solutions présentent de graves inconvénients dans des environnements multitrajets. Dans le premier cas, plus la période des symboles se réduit et plus le brouillage intersymboles devient un grave problème. Il sera donc nécessaire d'utiliser des techniques d'égalisation. La deuxième solution réduit la distance entre symboles pendant une période et, partant de là, la marge correspondant au bruit thermique ou au brouillage diminue, ce qui entraîne une dégradation intolérable de la qualité de fonctionnement des systèmes d'accès hertziens à débit binaire élevé. La troisième solution, celle à multiporteuses, consiste à accroître la période des symboles pour compenser le brouillage intersymboles résultant de la propagation par trajets multiples. La première solution (porteuse unique avec égaliseur) et la troisième solution (utilisant des méthodes à porteuses multiples – MRFO), représentant des techniques prometteuses de contre-mesures aux trajets multiples, sont présentées ci-après.

3 Porteuse unique avec égaliseur

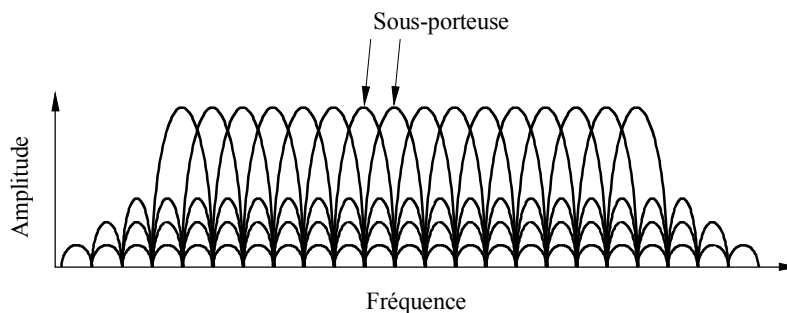
En radiocommunication, la transmission est influencée par les caractéristiques de propagation à trajets multiples du canal hertzien qui varient en fonction du temps. Pour compenser ces variations, il est nécessaire d'utiliser des égaliseurs de canaux adaptables, lesquels peuvent se subdiviser en deux groupes principaux: les égaliseurs aux MC et les égaliseurs aux MCR. L'algorithme MC est l'algorithme d'égalisation le plus communément utilisé du fait de sa simplicité et de sa stabilité; son principal inconvénient est sa convergence relativement lente: il converge en effet en 100-1 000 symboles. La méthode MCR constitue une technique d'égalisation plus rapide. Il existe différentes versions de MCR de complexité quelque peu différente et présentant différents compromis de convergence. La méthode MCR est plus difficile à mettre en oeuvre que la

méthode MC, mais il lui faut un nombre moins élevé de symboles pour converger. Bien que de nombreux travaux leur aient été consacrés dans les systèmes cellulaires, les égaliseurs MCR et MC font encore l'objet de recherches en ce qui concerne leur rapidité de convergence, leur stabilité, leur complexité pour des applications d'accès hertzien à débit binaire élevé.

4 Multiplexage MRFO à porteuses multiples

Avec les systèmes de transmission à porteuses multiples la bande de fréquences nominale est divisée en un certain nombre de sous-porteuses, chacune étant modulée par MDPQ avec un faible débit binaire. En général, pour dimensionner un système de ce type, il faut veiller à ce que le temps de propagation maximum soit plus petit que la durée des symboles. Une des méthodes prometteuses pour les systèmes à porteuses multiples est la modulation MRFO, dont le spectre de puissance est indiqué dans la Fig. 2. Grâce à la mise au point de LSIC à grande vitesse et économiseurs d'énergie ainsi que d'algorithmes efficaces TFR pour le traitement des signaux, il est aujourd'hui possible de réaliser des systèmes MRFO présentant un bon rapport coût-efficacité. Ces systèmes présentent l'avantage d'offrir une efficacité spectrale satisfaisante et une égalisation du signal reçu à moindre effort. Dans le cas d'un étalement limité du temps de propagation ($< \sim 300$ ns) des signaux à trajets multiples, il est possible de se passer d'égaliseur.

FIGURE 2
Spectre du multiplexage MRFO



1450-02

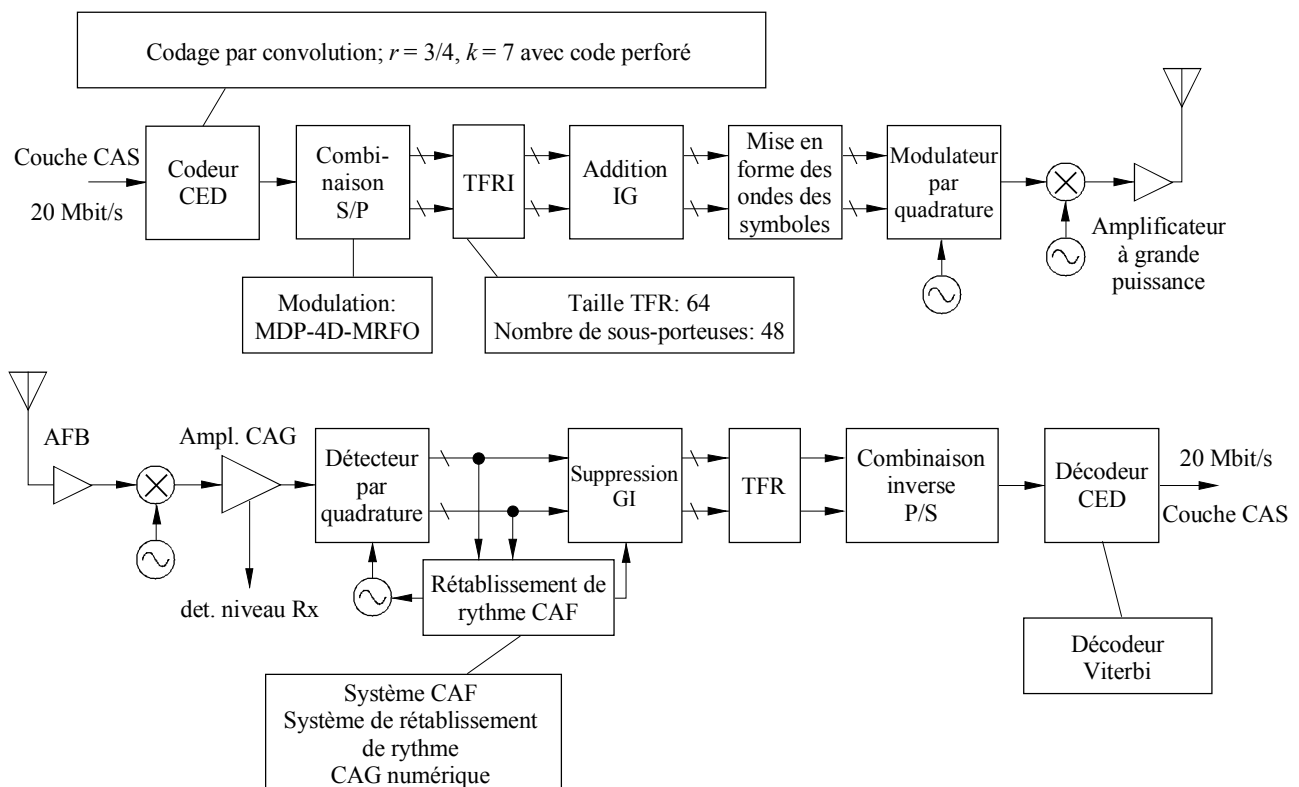
Le système de transmission à porteuses multiples employé avec le MRFO produit une fluctuation de l'enveloppe (bruit gaussien blanc additif) et l'effet sur les conditions de brouillage est négligeable.

5 Configuration du système MRFO

Un système (émetteur et récepteur) MRFO est présenté dans le schéma simplifié de la Fig. 3. Dans cet exemple, les données à transmettre sont codées par convolution ($r = 3/4$, $k = 7$), puis converties de série à parallèle (S/P) avant de moduler la sous-porteuse attribuée par la technique MDP-4 D. Une TFRI transforme des sous-symboles modulés générés par les signaux MRFO. Dans le cas des normes IEEE 802.11a et HIPERLAN/2, des débits de 6 et 54 Mbit/s peuvent être atteints, grâce à l'utilisation de divers alphabets de signaux pour la modulation des sous-porteuses MRFO et l'application de divers formats de perforation à un code de convolution mère. Les modulations MDP-2, MDP, MAQ-16 ou MAQ-64 sont utilisées. Les signaux IG sont ajoutés aux signaux de sortie de la TFRI. Les signaux MRFO IG ajoutés sont mis en forme par pondération décroissante de l'amplitude pour réduire les émissions hors bande. Enfin, les signaux MRFO modulent la FI. Du

côté du récepteur, les signaux reçus sont amplifiés par AGA et convertis aux signaux de la bande de base. A ce stade, l'erreur en fréquence due à l'instabilité des oscillateurs RF est compensée par la CAF et la séquence d'arrivée des paquets est détectée. Après ce travail de synchronisation, les signaux IG sont supprimés et les signaux MRFO sont démultiplexés par le circuit TFR. Les signaux de sortie du circuit TFR sont transmis au circuit de combinaison inverse, puis démodulés. Enfin, un décodeur Viterbi décode les signaux démodulés.

FIGURE 3
Configuration du système MDP-4D-MRFO avec codage par convolution



1450-03

6 Simulation par ordinateur

Les principaux paramètres de simulation et le format des symboles MRFO sont indiqués respectivement dans le Tableau 4 et dans la Fig. 4. La Fig. 5 indique que, pour obtenir le taux d'erreur sur les paquets de 10%, le rapport E_b/N_0 doit être d'environ 20 dB inférieur à la valeur du canal avec évanouissement sélectif de la fréquence pour une dispersion du temps de propagation de 300 ns. La couche physique proposée permet d'utiliser ce système RLAN à fort débit binaire non seulement en intérieur, mais également dans des zones en extérieur faisant partie de complexes (par exemple, universités, usines, centres commerciaux, etc.).

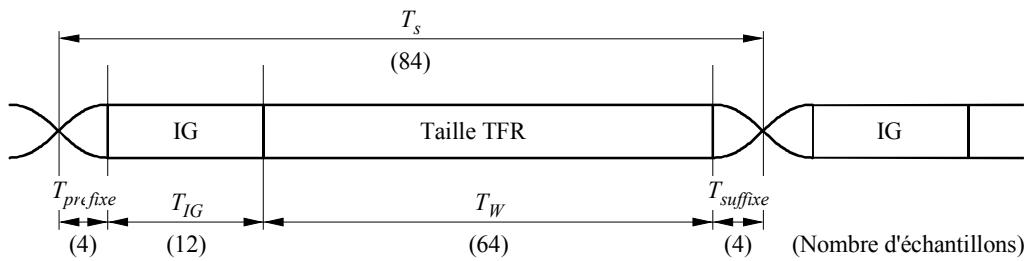
TABLEAU 4

Principaux paramètres de simulation

Débit binaire brut	26,6 Mbit/s
Modulation/détection	MDP-4 D
Taille TFR	64 échantillons
Nombre de sous-porteuses	48
IG	12 échantillons
Nombre d'échantillons de préfixe, $T_{préfixe}$	4 échantillons
Durée des symboles (T_s)	84 échantillons (= 3,6 μ s)
Décalage de la fréquence porteuse	50 kHz (10 ppm à 5 GHz)

FIGURE 4

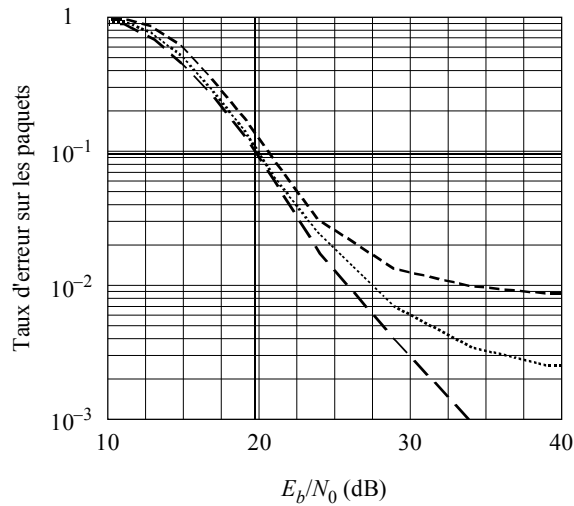
Format des symboles MRFO



1450-04

FIGURE 5

Taux d'erreur sur les paquets en fonction de E_b/N_0



- $\tau_{rms} = 100$ ns
- $\tau_{rms} = 200$ ns
- .-.- $\tau_{rms} = 300$ ns

Longueur d'un paquet = 1 000 octets avec CAG idéal
 Décision souple, 3 bits
 Réduction en sortie = 5 dB

1450-05

Annexe 3

Techniques d'accès à distance dans les RLAN

1 Introduction

L'un des principaux atouts des réseaux RLAN est qu'il est possible d'utiliser leurs terminaux, par exemple, dans les bureaux d'une autre compagnie sans une quelconque opération supplémentaire. Pour ce faire, il est très important d'établir des techniques de réseau pour connecter, pour ainsi dire, les terminaux RLAN qui se trouvent dans d'autres bureaux (d'autres sous-réseaux) à leur propre sous-réseau.

Il existe plusieurs techniques pour réaliser l'accès à distance de terminaux RLAN.

Dans les sections ci-après, ces techniques seront expliquées et comparées pour ce qui est des aspects de qualité de service et de composition du système.

2 Techniques d'accès à distance

2.1 Connexion sur appel téléphonique

Actuellement, la méthode la plus simple pour connecter un terminal à distance est de passer un appel téléphonique; pour ce faire il n'est pas nécessaire d'être dans un environnement LAN, mais il suffit de disposer d'un réseau téléphonique, ainsi que d'un modem ou d'un adaptateur RNIS. Normalement, l'utilisateur fait établir une ligne téléphonique chez lui ou dans son bureau et connecte un modem à un serveur commuté. Il est possible de connecter un PC mobile pourvu d'une carte modem au serveur de son réseau via un téléphone public, filaire ou non, pour cette connexion, on utilise principalement le protocole point à point [IETF, 1994a] ou accès à distance d'Apple.

Cette méthode de connexion présente néanmoins les inconvénients suivants:

- les terminaux mobiles doivent être équipés d'un logiciel supplémentaire;
- l'interface réseau change;
- le débit binaire de communication est faible;
- la taxe de connexion est en général élevée.

2.2 Protocole dynamique de configuration de serveur (PDCS)

La technique PDCS [IETF, 1993] utilise une nouvelle adresse réseau à un réseau distant. L'abréviation PDCS renvoie à l'origine à un protocole d'autoconfiguration des interfaces d'un réseau terminal; le système permet à des terminaux de RLAN mobiles de se connecter à leur réseau d'origine via Internet en localisant un serveur PDCS et en obtenant une nouvelle adresse.

Le système PDCS présente les inconvénients suivants:

- les terminaux de RLAN mobiles doivent être équipés d'un logiciel supplémentaire;
- le seul protocole disponible est le protocole TCP/IP;
- il n'est pas disponible pour les réseaux dotés d'adresses IP privées.

2.3 IP mobile

La technique IP mobile [IETF, 1996] permet la mobilité des terminaux dans les réseaux: les paquets IP transmis à un terminal de RLAN mobile sont encapsulés par un agent local en d'autres paquets IP et sont transmis à l'agent extérieur; de cette façon, il est possible d'utiliser le terminal de RLAN mobile dans le réseau d'origine. Étant donné que le protocole IP mobile fonctionne sur Internet, le coût de communication est faible même pour une communication internationale.

Toutefois, l'IP mobile présente les inconvénients suivants:

- les terminaux de RLAN mobiles doivent être équipés d'un logiciel supplémentaire;
- le seul protocole disponible est le protocole TCP/IP;
- il n'est pas disponible pour les réseaux dotés d'adresses IP privées.

2.4 VLAN

Grâce aux progrès récents réalisés dans le domaine des VLAN, il est possible de construire des sous-réseaux ou des segments de LAN indépendants de toute topologie de réseau physique en utilisant des noyaux de commutation, des commutateurs ATM ou des routeurs. Le principal avantage d'un réseau VLAN est de pouvoir adopter, indépendamment des emplacements physiques, les fonctions suivantes:

- administration unifiée;
- sécurité;
- adresse IP privée ou protocole multiple;
- diffusion multiple.

Il est ainsi possible de construire des VLAN étendus, appelés également VPN Internet [IETF, 1994b]. Le VLAN étendu est une réalisation très récente, au point qu'il fait l'objet de travaux de normalisation au sein de l'IETF. Avec cette technique il est nécessaire d'installer les fonctions VLAN sur les routeurs de réseaux distants ou sur les terminaux de RLAN mobiles mêmes.

Lorsque la fonction est installée sur un routeur, il est nécessaire de procéder à un enregistrement préalable, ce qui signifie que l'accès à Intranet n'est disponible que dans un nombre limité de réseaux distants. Lorsque la fonction est installée sur un terminal de RLAN, il faut prévoir un logiciel supplémentaire.

2.5 VLAN mobile

Compte tenu des impératifs assignés aux différents environnements mobiles, la technique VLAN mobile a été élaborée pour permettre les fonctions suivantes:

- communication à faible coût;
- pas d'opération de connexion au terminal de RLAN;
- protocole multiple, adresse IP privée;
- communications en tout lieu, indépendantes de l'endroit où se situe l'utilisateur;
- grande sécurité.

Dans la technique VLAN mobile, la trame CAS transmise pour un terminal de RLAN mobile est acheminée à destination d'un réseau distant, où elle est ensuite encapsulée en un paquet IP par le serveur; le paquet IP est alors transféré à son réseau d'origine (CAS sur IP) dont le serveur désencapsule le paquet IP reçu et restitue la trame CAS originelle. Le terminal du RLAN mobile peut donc utiliser l'environnement du réseau d'origine pour le réseau distant.

Le VLAN mobile est pourvu de fonctions telles que l'enregistrement de l'emplacement des terminaux, la résolution d'adresses, l'authentification et la reconnaissance de déconnexion. Pour que la connexion soit réalisée sans aucune opération au niveau du terminal RLAN, toutes ces fonctions sont exécutées du côté du réseau.

3 Evaluation

Le Tableau 5 présente les aptitudes au service des techniques mentionnées ci-dessus. Un réseau VLAN mobile permet de réaliser des communications bon marché, de procéder à des connexions sans aucune opération au niveau du terminal RLAN, de prendre en charge des protocoles multiples et, sans perdre d'autres avantages techniques, de passer des communications indépendamment du lieu où se trouve l'utilisateur.

L'Appendice 1 à l'Annexe 3 présente les caractéristiques du système VLAN mobile, considéré comme très prometteur pour la future mobilité des terminaux RLAN.

TABLEAU 5

Comparaison des techniques favorisant la mobilité

	VLAN mobile	Accès commuté	PDCS	IP mobile	VLAN étendu (routeur)
Réseau de transport	Internet	RTPC RNIS	Internet	Internet	Internet
Prix de la communication	Bas	Elevé	Bas	Bas	Bas
Modification de l'interface réseau	Non	Oui	Non	Non	Non
Modification de l'adresse réseau	Non	Non	Oui	Non	Non
Logiciel supplémentaire sur le terminal	Non	Oui	Oui	Oui	Non
Protocole multiple	Disponible	Non disponible	Non disponible	Non disponible	Disponible
Adresse IP privée	Disponible	Disponible	Non disponible	Non disponible	Disponible
Communications en tout lieu	Disponible	Disponible	Disponible	Disponible	Non disponible

Références bibliographiques

IETF [1993] Dynamic Host Configuration Protocol, RFC1541, 1531. Internet Engineering Task Force (IETF).

IETF [1994a] The Point-to-Point Protocol, RFC1661, 1548. Internet Engineering Task Force.

IETF [1994b] Generic Routing Encapsulation, RFC1701. Internet Engineering Task Force.

IETF [1996] INTERNET draft. IP Mobility Support Rev.17. Internet Engineering Task Force.

Appendice 1 à l'Annexe 3

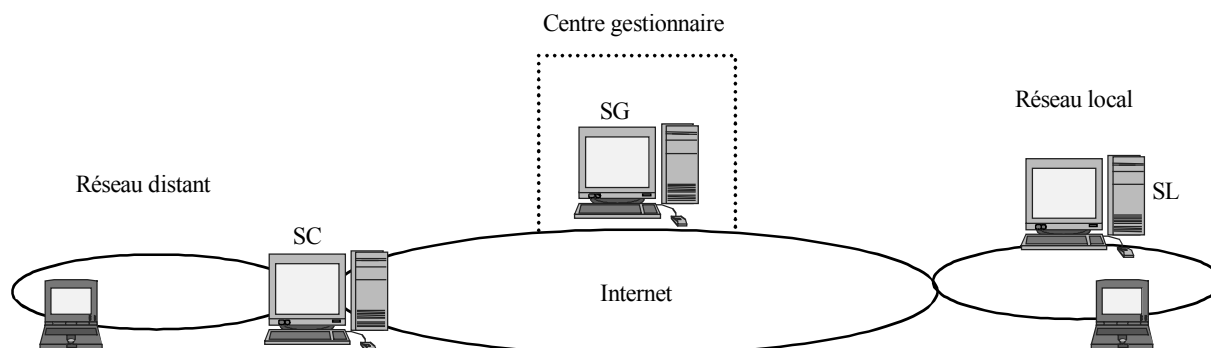
Présentation d'un système VLAN mobile

1 Composition du système

Les fonctions nécessaires à la mise en œuvre des techniques de VLAN mobiles sont la résolution d'adresse, l'authentification du terminal, l'enregistrement du lieu pour la reconnaissance de la déconnexion et l'encapsulation/désencapsulation des trames CAS. Les deux premières, c'est-à-dire la résolution d'adresse et l'authentification du terminal, sont nécessaires sur l'ensemble du réseau alors que l'enregistrement du lieu ne s'impose que sur les réseaux distants; quant à la dernière, elle est nécessaire sur les réseaux tant locaux que distants. En conséquence, il est possible de proposer d'employer les trois types de serveur, à savoir le serveur de gestion (SG), le serveur local (SL), et le serveur client (SC), indiqués dans la Fig. 6. Un seul SG dessert la totalité du réseau, gère les données d'authentification du terminal ainsi que les données relatives à l'emplacement des terminaux et procède à la résolution des adresses. Dans un réseau local se trouve un seul SL, qui encapsule et achemine les trames CAS destinées aux terminaux mobiles. Dans un réseau distant se trouve un seul SC, qui reconnaît les terminaux mobiles, demande l'authentification du terminal au SG, établit la connexion au SL et encapsule les trames CAS.

FIGURE 6

Composition du système d'un VLAN mobile



1450-06

2 Principales techniques d'un réseau VLAN mobile

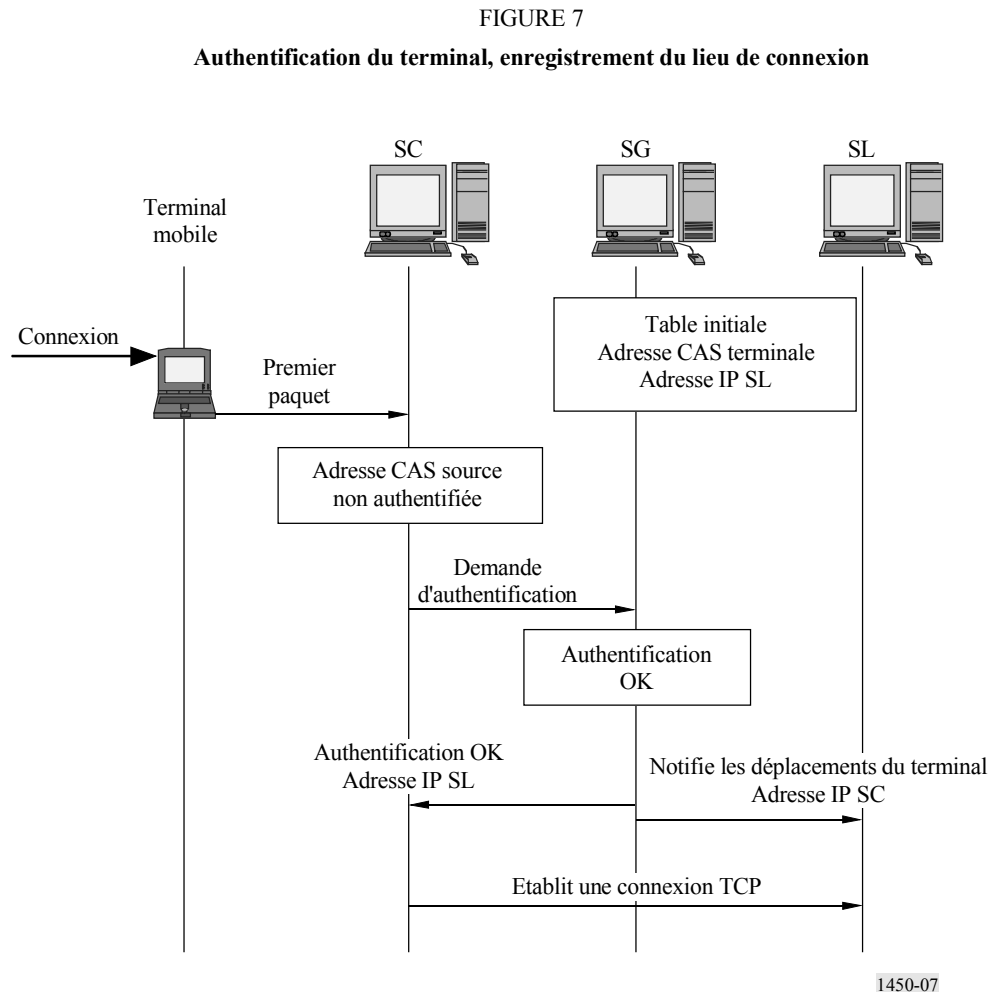
Les diagrammes ci-après présentent les principales techniques d'un VLAN mobile.

2.1 Authentification du terminal, enregistrement du lieu, connexion

Les adresses CAS et les adresses IP SL correspondantes doivent être enregistrées à l'avance dans le serveur SG. De même que les adresses IP de tous les serveurs SL et SC, à destination desquels sont établies des connexions TCP. Le terminal mobile peut être connecté à des réseaux distants, eux-mêmes connectés au serveur SC. Après connexion, lorsque le terminal transmet un paquet, par exemple un paquet de demande d'authentification, le serveur SC saisit le paquet en tant que trame CAS. Le SC envoie l'adresse CAS source au SG, lequel vérifie que le terminal appartient bien au réseau local correspondant.

Après cette opération, le SG enregistre pour lui-même l'emplacement du terminal et en notifie les déplacements aux SC et SL correspondants; ensuite, le SC établit une connexion TCP pour l'acheminement des trames CAS à destination du SL.

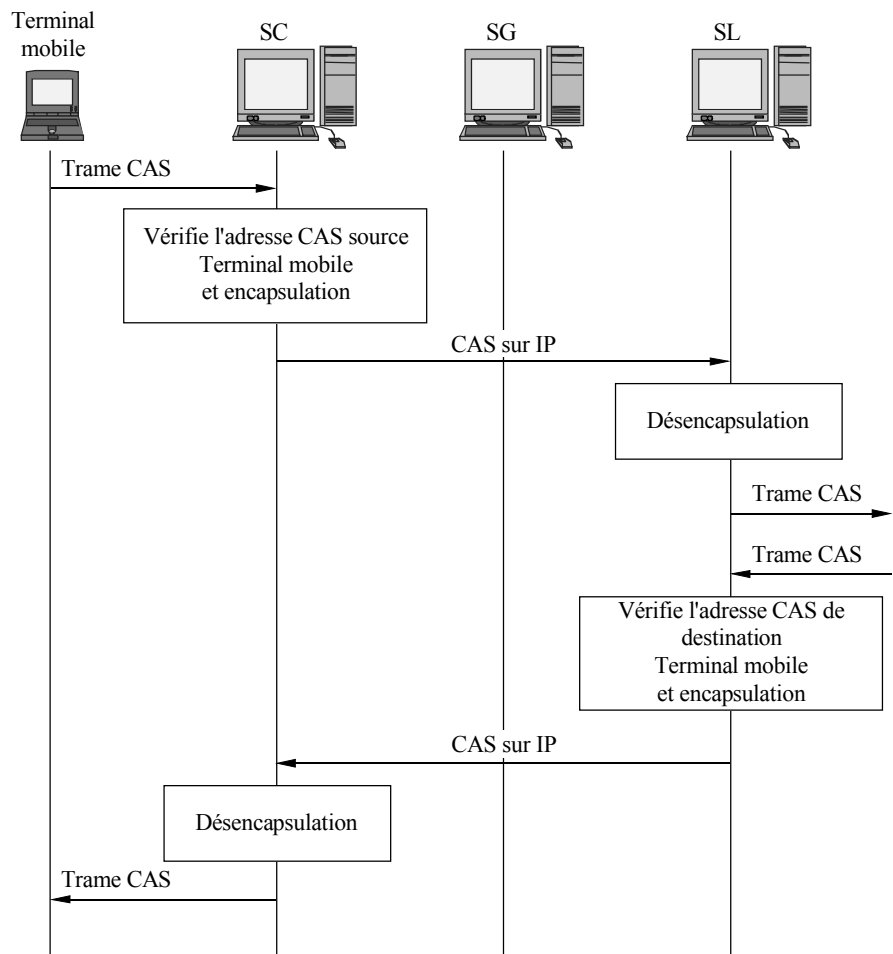
Comme le SL de destination varie en fonction de l'adresse source de la trame CAS, un SC peut appartenir à plusieurs SL.



2.2 Encapsulation/désencapsulation

Après l'établissement de la connexion TCP, le SC saisit les trames CAS portant l'adresse CAS source du terminal mobile et le SL saisit les trames CAS portant l'adresse CAS de sa destination; ensuite les serveurs encapsulent les trames CAS en paquets IP. S'ils reçoivent des trames CAS encapsulées via la connexion TCP, ils les désencapsulent et transmettent les trames CAS extraites du réseau LAN. S'ils saisissent une trame CAS destinée à un autre terminal mobile, ils l'encapsulent à nouveau et la transmettent au SC correspondant. De cette façon, de nombreux SC peuvent appartenir à un seul SL.

FIGURE 8
Encapsulation/désencapsulation

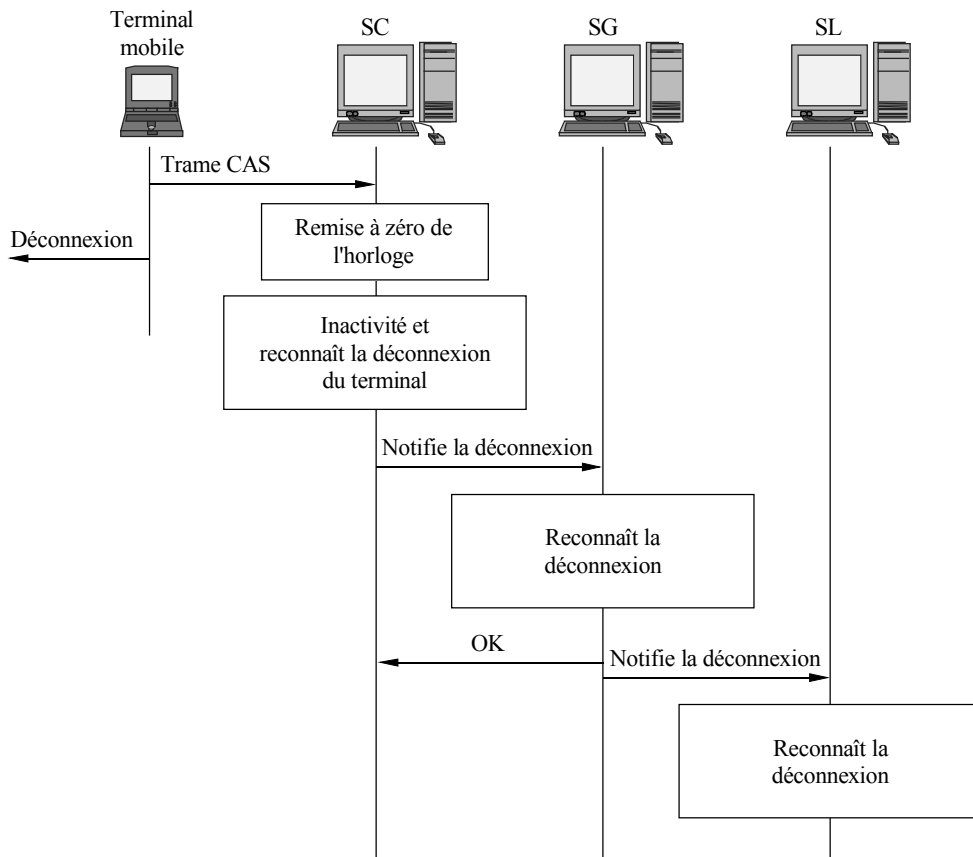


1450-08

2.3 Reconnaissance de la déconnexion du terminal

Le SC est pourvu d'une horloge, de sorte que, si la réception de trames CAS provenant d'un terminal mobile cesse pendant une certaine durée, il assimile cette interruption à une déconnexion.

FIGURE 9
Déconnexion du terminal



1450-09