

RECOMMANDATION UIT-R F.1110-2

**SYSTÈMES RADIOÉLECTRIQUES ADAPTATIFS POUR DES FRÉQUENCES
INFÉRIEURES À 30 MHz ENVIRON**

(Question UIT-R 147/9)

(1994-1995-1997)

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

- a) que les liaisons en ondes décimétriques par propagation ionosphérique permettent de communiquer sur de grandes distances;
- b) que les variations naturelles de l'ionosphère et les brouillages résultant de l'encombrement du spectre et d'anomalies de propagation rendaient, jusqu'à présent, difficile l'exploitation des liaisons en ondes décimétriques et nécessitaient la présence d'opérateurs hautement qualifiés;
- c) que les progrès technologiques réalisés ces dernières années ont conduit à développer des procédés d'adaptativité permettant d'automatiser les liaisons HF et d'améliorer leur qualité;
- d) que les systèmes adaptatifs permettent:
 - d'atteindre une qualité de service plus élevée, en combinant la capacité d'exploiter la technologie moderne des équipements radioélectriques et un logiciel perfectionné de commande en temps réel. On obtient ainsi un système fiable, solide, économique et d'un usage facile;
 - de constituer de vastes réseaux en ondes décimétriques avec une architecture souple, moins hiérarchisée;
 - de réduire les temps de transmission d'où:
 - utilisation plus efficace du spectre,
 - diminution des brouillages entre les différents utilisateurs,
 - possibilité d'augmenter la densité du trafic;
- e) que des travaux de recherche récents ont permis de spécifier des systèmes adaptatifs pour l'établissement automatique des liaisons (EAL),

recommande

- 1** que tout système adaptatif en ondes décimétriques possède les caractéristiques générales indiquées en Annexe 1;
- 2** que l'assignation de fréquence à ces systèmes suive les principes indiqués en Annexe 2.

NOTE 1 – Différents systèmes adaptatifs sont décrits dans les Annexes 3-9.

ANNEXE 1

Caractéristiques générales des systèmes adaptatifs en ondes décimétriques**1 Introduction**

Quel que soit le type de service à assurer:

- téléphonie,
- télégraphie,
- transmission d'images,
- transmission de données,

toute liaison HF se déroule selon les phases suivantes:

- veille,
- appel,
- prise de liaison,
- écoulement du trafic,
- fin de liaison,
- retour en veille.

Un système adaptatif automatise ce processus de façon à permettre une exploitation sans opérateur spécialisé, ainsi qu'une amélioration de la qualité du service et du rendement de la liaison.

Il peut être utilisé:

- pour des liaisons point à point,
- pour un réseau, avec procédure d'appel sélectif par la station directrice, appel qui peut être:
 - général (tous les correspondants),
 - de groupe (quelques correspondants),
 - individuel (un seul correspondant avec lequel on établit une liaison point à point).

L'utilisateur ne conserve que la charge de l'exploitation sur le périphérique correspondant au type de service communiqué dans la séquence d'appel (téléphonie, téléimprimeur, équipement de transmission d'images, terminal de données), étant totalement déchargé des tâches d'établissement, de contrôle et de rupture des connexions radioélectriques.

Un système adaptatif assure essentiellement une triple fonction:

- automaticité de la sélection de la fréquence à utiliser;
- automaticité de l'appel, de la prise de liaison (avec commutation éventuelle sur le périphérique correspondant au type de service à assurer), et de la fin de liaison;
- adaptativité en cours de liaison, afin d'optimiser en permanence la qualité de service, compte tenu des conditions ionosphériques et de l'encombrement du spectre.

2 Automaticité de la sélection de la fréquence à utiliser

Cette sélection utilisera tout ou partie des informations suivantes:

- liste des fréquences assignées;
- programme de prévisions ionosphériques mémorisé, donnant les prévisions de qualité des liaisons aux différentes fréquences, en fonction notamment de l'heure, de la saison et de l'année;
- indications de qualité fournies par les liaisons précédentes, permettant de raccourcir le temps d'EAL si le canal ionosphérique est suffisamment stationnaire (court terme) ou suffisamment reproductible durant le même créneau horaire de jours successifs;
- analyse passive en temps réel des canaux, qui permet de trier les canaux libres des canaux brouillés (lutte contre la congestion spectrale) (voir la Note 1);
- éventuellement, informations fournies par un autre organe (sondeur ionosphérique, etc.).

L'utilisation de toutes ces informations permet d'établir à un moment donné un classement préférentiel des fréquences à utiliser pour une liaison donnée.

NOTE 1 – Les voies utilisant des transmissions LINCOMPLEX doivent être déterminées par démodulation et par détection du signal de commande LINCOMPLEX; elles ne peuvent être considérées comme des voies libres.

3 Automaticité de l'appel, de la prise de liaison et de la fin de liaison

3.1 Voies communes d'appel et de trafic

La séquence d'appel doit contenir les indications suivantes, fournies par l'utilisateur:

- identification de la station appelante,
- identification de la station appelée,
- type de service,
- éventuellement, mode d'exploitation (simplex, semi-duplex, duplex) dans le cas assez rare où il n'est pas imposé à la liaison et où il n'y a pas correspondance biunivoque entre mode d'exploitation et type de service.

La séquence d'appel est effectuée sur la fréquence classée N° 1 par l'organe de choix de fréquences.

Cette fréquence est conservée pour la liaison si:

- on reçoit une réponse de la station appelée;
- cette réponse indique que la qualité mesurée de la liaison dans le sens appelant-appelé est suffisante pour assurer le service requis (en effet, la qualité pourrait être suffisante pour assurer la prise de liaison, toujours effectuée en numérique basse vitesse, mais insuffisante pour assurer un service demandant une qualité supérieure, par exemple téléphonie analogique ou transmission numérique haute vitesse);
- la qualité mesurée de la liaison dans le sens appelé-appelant est suffisante pour assurer le service requis.

On réinitialisera un appel sur la fréquence classée N° 2 si l'une des trois conditions énumérées ci-dessus n'est pas remplie.

Dès qu'une fréquence adéquate est trouvée, il y a commutation automatique sur le périphérique correspondant au type de service à assurer.

A la fin de la liaison, il y a retour des stations en configuration de veille.

NOTE 1 – Par fréquence classée N° 1, N° 2, ..., il faut entendre:

- une seule fréquence dans le cas de l'alternat simplex,
- un couple de fréquences dans le cas de l'alternat semi-duplex et du duplex.

On aura tout intérêt à utiliser des procédures permettant la sélection indépendante des fréquences pour chaque sens de la liaison dans les cas suivants:

- présence de brouilleurs locaux,
- non-disponibilité des mêmes fréquences aux deux extrémités de la liaison.

3.2 Voies distinctes d'appel et de trafic

Pour les réseaux ou les systèmes à forte densité de trafic ou à nombre de stations élevé, on pourra préférer utiliser des voies distinctes pour l'appel et pour le trafic. Dans ce cas, l'établissement d'une communication suivra en général la procédure décrite au § 3.1, à la différence que le contact initial s'effectuera en utilisant une des voies d'appel, voies qui sont écoutées par toutes les stations en veille. Ensuite, une analyse de voie passive ou un sondage actif des voies permettra de déterminer la fréquence de trafic la mieux adaptée.

4 Adaptativité en cours de liaison

L'adaptativité a pour but de maintenir automatiquement en cours de liaison la qualité d'une transmission HF en faisant varier, en fonction de l'évolution de l'état du canal, les principaux paramètres relatifs à la transmission.

Ces paramètres sont, par exemple:

- sur les équipements radio:
 - la puissance d'émission,
 - la fréquence,
 - le choix de la bande en (bande latérale unique) BLU (bande supérieure-bande inférieure);

- sur le périphérique télégraphique ou le terminal de données et leur modem associé:
 - le débit,
 - le type de codage,
 - l'amplitude du déplacement,
 - la valeur de la sous-porteuse.

La mise en œuvre d'un processus adaptatif nécessite les actions suivantes:

- déterminer un critère mesurable, représentatif de la qualité de la liaison pour un type de service donné (par exemple: nombre de répétitions pour une liaison télégraphique avec correction d'erreur par détection et répétition (ARQ) – Taux d'erreur pour une transmission numérique – Mesure de rapport S/N – Jitter);
- fixer la valeur de ce critère en dessous de laquelle on estime que la qualité devient insuffisante (seuil);
- mesurer en permanence pendant le déroulement de la liaison la valeur de ce critère;
- si cette valeur descend pendant un temps déterminé au-dessous du seuil fixé, faire varier un (ou plusieurs) des paramètres de la liaison de façon à obtenir à nouveau la qualité requise.

Ceci suppose évidemment que ces paramètres soient programmables et que les différentes valeurs discrètes retenues puissent être modifiées par télécommande.

Pendant toute la durée de modification des paramètres, une signalisation particulière doit être mise en œuvre pour indiquer aux deux terminaux concernés qu'un processus adaptatif est en cours.

NOTE 1 – En téléphonie analogique, le critère représentatif de la qualité de la liaison ne peut être que subjectif; il faut donc donner à l'utilisateur la possibilité de déclencher un changement de paramètre à partir d'une action volontaire: par exemple, une commande de «relance», actionnée par l'utilisateur qui reçoit mal, indiquant au système qu'il y a lieu de déclencher le processus d'adaptativité.

ANNEXE 2

Assignation de fréquence

1 Rappels sur la fréquence maximale utilisable (MUF) et la fréquence minimale utilisable (LUF)

Il existe à tout moment un trajet d'onde ionosphérique disponible sur les canaux se trouvant dans une fenêtre entre la MUF et la LUF. La MUF est déterminée par les conditions ionosphériques du moment, alors que la LUF est définie à la fois en fonction de l'affaiblissement sur le trajet et en fonction de paramètres de l'équipement tels que la puissance de l'émetteur, les facteurs de bruit et le gain d'antenne. Dans la pratique, nombre des canaux situés à l'intérieur de cette fenêtre seront bloqués par les brouillages causés par d'autres utilisateurs.

La MUF peut être prévue sur la base d'une moyenne à long terme. Elle peut présenter des variations journalières de $\pm 30\%$ et, en présence de perturbations, être inférieure de 50% à la valeur prévue.

En règle générale, la LUF, pour les systèmes en exploitation, est égale à environ la moitié de la MUF, mais cela aussi est sujet à d'importantes variations. Dans des conditions «normales», on peut prévoir que la fenêtre varie comme suit:

- la MUF est plus élevée pendant les heures diurnes que pendant les heures nocturnes,
- les variations de la MUF sont plus importantes en hiver qu'en été,
- les liaisons par trajet court, de moins de 1 000 km, utilisent normalement les fréquences inférieures à 15 MHz,
- les liaisons par trajet long, de plus de 1 000 km, utilisent normalement des fréquences supérieures à 5 MHz,
- les MUF sont d'autant plus élevées que le nombre de taches solaires est plus grand.

2 Assignment de fréquence à une liaison

Lorsque l'on demande des assignations de fréquence pour une liaison en ondes décimétriques qui doit être fiable à tout moment, il est souhaitable de prévoir des fréquences échelonnées de façon uniforme (progression géométrique) dans la bande requise. Par exemple, on pourrait théoriquement pourvoir à une liaison par trajet court en assignant quatre fréquences selon une progression géométrique de raison 1,9, comme suit:

2,0 3,8 7,2 13,7 MHz

Pour assurer une continuité de service absolue en présence de perturbations, l'idéal serait d'assigner davantage de fréquences, par exemple huit fréquences avec une raison de progression de 1,3, comme suit:

2,0 2,6 3,4 4,4 5,7 7,4 9,6 12,5 MHz

Une liaison par trajet long pourrait utiliser une progression similaire dans la partie supérieure de la bande, comme suit:

4,4 5,7 7,4 9,6 12,5 16,3 21,2 27,6 MHz

Cela placerait trois assignations de canaux dans la fenêtre habituelle de largeur 50% et permettrait ainsi une réduction importante en cas de perturbations.

Les fréquences indiquées ci-dessus ne sont naturellement citées qu'à titre d'exemple; des assignations réelles tiendraient compte des circonstances. Ce qui est plus important, c'est la probabilité que les diverses fréquences d'un ensemble deviennent inutilisables pour cause de brouillage, de sorte que pour assurer une disponibilité maximale, il serait nécessaire d'avoir un choix de plusieurs canaux en chaque point de la bande.

3 Assignment de fréquence à des systèmes adaptatifs

Un système adaptatif pourrait être utilisé simplement pour explorer une série de canaux assignés et choisir le meilleur; mais si l'opérateur en trouvait sa tâche facilitée, il n'en résulterait pas pour autant une meilleure utilisation du spectre.

Un moyen plus efficace d'utiliser le spectre peut consister à regrouper les assignations de fréquence d'un certain nombre de circuits et à les exploiter en commun en tant que réseau, l'ensemble des fréquences ainsi regroupées étant utilisé comme une ressource assignée en fonction de la demande.

En général, il existe une relation entre la taille du réseau, la densité du trafic et les canaux nécessaires. Par exemple:

- un nombre donné de canaux de propagation peut supporter un niveau de trafic déterminé dans un réseau comprenant un nombre donné de stations; ou
- un réseau comprenant un nombre donné de stations, avec un niveau de trafic spécifié, exige un nombre donné de canaux dans la fenêtre de propagation.

En clair, lorsqu'il est nécessaire d'assurer plusieurs communications à la fois (par exemple, dans un réseau), le nombre de canaux nécessaire est multiplié par le nombre maximum de communications simultanées. Si le nombre de canaux disponibles est insuffisant, il convient alors de mettre quelques communications en attente.

Toute restriction du nombre de canaux disponibles aura donc une incidence sur la capacité du système à écouler efficacement le trafic.

Le concept des canaux partagés est compliqué par le fait que les systèmes adaptatifs nécessitent un étalement des fréquences dans la bande d'ondes décimétriques pour:

- le trafic;
- la gestion du réseau;
- l'évaluation des canaux.

Si l'on veut minimiser le brouillage mutuel entre des systèmes, il faut établir des normes pour la conception des systèmes adaptatifs à ondes décimétriques faisant appel à l'ensemble de canaux mis en commun.

Système radioélectrique à commande automatique, piloté par microprocesseur, pour le trafic téléphonique et pour le trafic télégraphique

1 Introduction

Un système radioélectrique à commande automatique, utilisant les ondes décamétriques, piloté par microprocesseur, a été mis au point pour le trafic téléphonique BLU et le trafic télégraphique avec modulation par déplacement de fréquence (MDF).

Les fonctions automatiques offertes par le système sont les suivantes:

- l'évaluation et la sélection de fréquences en temps réel,
- l'établissement automatique des liaisons avec appel sélectif,
- l'ARQ avec une voie de commande spéciale,
- le contrôle de la qualité des liaisons et, le cas échéant, le changement automatique de fréquence.

2 Attribution des bandes de fréquences et évaluation des voies en temps réel (RTCE)

Le système évalue de manière passive les niveaux de bruit et le brouillage dans chacune des six voies comprises dans l'assignation de 3 kHz de chaque bande. La bande appropriée est choisie par des prévisions de propagation faites sous le contrôle du microprocesseur. La voie la plus favorable dans la bande optimale prévue devient alors le premier choix pour une communication MDF avec déplacement de ± 85 Hz.

3 Interaction entre l'opérateur et le système

Le traitement du message est entrepris par des opérateurs non spécialisés utilisant un lecteur de ruban de papier à commande simple. La gestion du système est sous le contrôle du microprocesseur. Au besoin, la communication vocale est immédiatement possible sur toute la largeur de bande de 3 kHz, auquel cas le trafic télégraphique est temporairement interrompu.

4 Entrée de données du réseau

Les données du système (fréquences, appels sélectifs, etc.) sont introduites dans l'ordinateur au moyen d'un clavier ou d'un ruban de papier, voire même au moyen de la liaison à ondes décamétriques.

5 Etablissement de la liaison

Pour établir une liaison, le système utilise la meilleure fréquence disponible compte tenu à la fois des conditions de propagation et du brouillage.

Une prévision de propagation, mise à jour par l'expérience, est utilisée pour classer les bandes de la plus favorable à la plus défavorable pour les diverses périodes de la journée. La communication est établie par exploration séquentielle des voies assignées jusqu'à ce que la qualité de transmission voulue soit trouvée.

6 Supervision de la liaison

Le système ARQ est une version semi-duplex qui transmet des informations dans les deux sens quand il n'y a pas d'erreurs. Le taux d'erreur sur les caractères est inférieur à 1×10^{-6} . Une autre possibilité consiste à utiliser en combinaison un système de correction d'erreur directe (CED) et un système ARQ.

Le système peut fonctionner sur un mode de commande spécial pour transmettre les commandes des systèmes radioélectriques et les données entre les stations sans porter préjudice à l'intégrité du trafic télex ordinaire. Cette caractéristique importante permet au système d'assurer des fonctions de commande complexes, ce qui est en fait une nécessité dans un système automatique «intelligent».

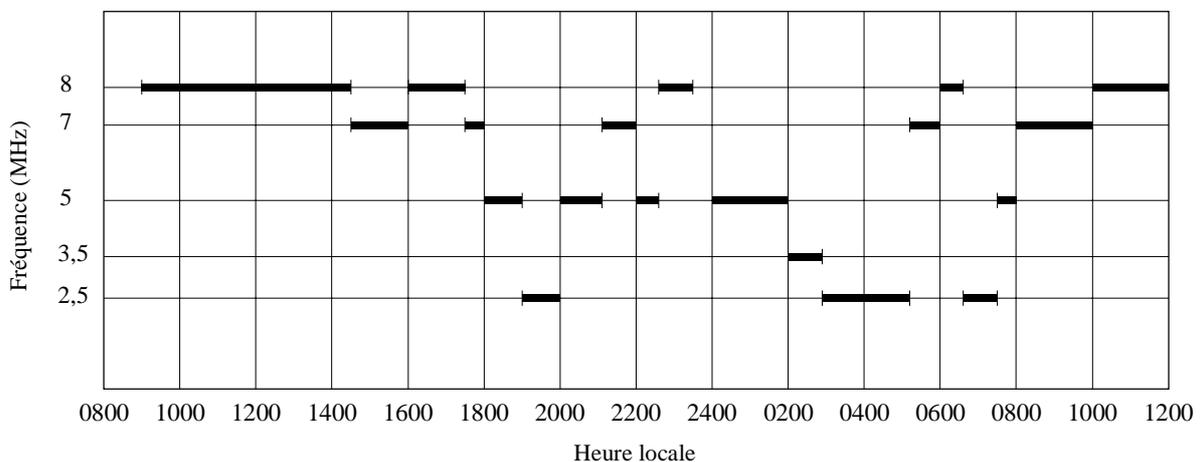
La fréquence de répétition ARQ est contrôlée et, quand la liaison est trop mauvaise, le système essaie de trouver une meilleure voie pour le sens de transmission perturbé à l'intérieur de la même bande de fréquences. Si le système parvient à trouver une meilleure voie, la station de réception demande à la station d'émission de passer sur la nouvelle voie et l'écoulement du trafic reprend. Si, pour une raison quelconque, il ne trouve pas de meilleure voie, d'autres bandes sont essayées jusqu'au moment où une voie utilisable est trouvée ou jusqu'à ce qu'une autre station signale son intention d'intervenir. Toutes ces opérations sont automatiques et ne font que retarder les messages, sans affecter les messages imprimés. Le système est capable de détecter puis d'utiliser, le cas échéant, des caractéristiques ionosphériques éphémères difficiles à prévoir telles que les couches E sporadiques (Es).

7 Essais et performance

Au cours de l'année 1984, le système a été soumis à des essais sur une liaison transaurorale de 1 000 km partant de Stockholm. Cinq bandes de six voies ont été utilisées. La puissance apparente rayonnée par une antenne à large bande était de 100 W.

Les performances étaient contrôlées à l'aide d'un ordinateur de table qui enregistrerait les données relatives à l'efficacité de transmission, à l'utilisation des fréquences et aux taux d'erreur sur les caractères. La Fig. 1 est un exemple typique de l'utilisation des fréquences. La liaison s'est avérée très difficile, elle était fortement dégradée par les aurores et les perturbations ionosphériques d'hiver à latitude élevée. Malgré cela, le système est rarement tombé au-dessous d'une capacité de transfert de 300 000 caractères par 24 h, soit un rendement de 50%. L'efficacité moyenne par 24 h sur ce circuit était de 70-80% la plupart du temps.

FIGURE 1
Exemple d'utilisation des fréquences



1110-01

8 Observations sur les résultats des essais

Dans de nombreux cas, le système a utilisé avec succès des fréquences nettement plus élevées que les MUF F2 prévues. Cela était probablement dû à l'existence d'ionisations sporadiques E. On a ainsi démontré la possibilité de réaliser un système automatique sur fréquences décamétriques qui est en mesure de s'adapter aux conditions ionosphériques difficiles et changeantes.

Système radiotéléphonique automatique de petite capacité

1 Introduction

Un système automatique de radiotéléphonie à ondes décamétriques fait actuellement l'objet au Canada d'un essai en vraie grandeur, à titre d'adjonction au réseau téléphonique avec commutation. Ce système, d'une grande efficacité, a les caractéristiques suivantes:

- évaluation et sélection immédiates des fréquences des bandes d'ondes décamétriques,
- accès au réseau avec commutation sans intervention d'un opérateur,
- mise en mémoire et mise à jour des données concernant la sélection des voies, la facturation et l'évaluation du trafic,
- installation économique dans les régions éloignées,
- fiabilité améliorée en raison d'une conception moderne.

2 Configuration du système

Plusieurs fréquences (jusqu'à 8) sont assignées au réseau de stations à ondes décamétriques, de façon à couvrir toutes les conditions de propagation susceptibles de se présenter. Tout abonné du réseau à ondes décamétriques peut appeler un abonné quelconque, à l'intérieur ou à l'extérieur de ce réseau, et être appelé par cet abonné. Le système radiotéléphonique à ondes décamétriques décrit dans la présente Annexe est un système commandé par la voix et utilise la même fréquence dans les deux sens de transmission (mode simplex). Cela n'interdit pas la future utilisation de fréquences différentes dans les deux sens de transmission (mode semi-duplex ou duplex).

3 Description du système

La station automatique à ondes décamétriques comprend un émetteur-récepteur entièrement transistorisé, à ondes décamétriques/BLU de 100 W, une antenne à large bande, un modem à 75 bit/s, ainsi qu'une unité d'échange/interface qui fournit les fonctions automatiques et les caractéristiques d'interface assurant la compatibilité téléphonique.

Un système de trois stations a été mis en œuvre au Canada (voir la Fig. 2). Les stations éloignées sont de deux types différents: la première dispose d'un seul téléphone; l'autre est reliée à un petit autocommutateur privé facultatif, conçu pour desservir un plus grand nombre d'utilisateurs. Etant donné que la station maîtresse sera en général située dans une plus grande localité, elle a également été équipée d'un autocommutateur privé facultatif. On pourra éliminer cet appareil s'il n'est pas utilisé pour desservir des abonnés à proximité de la station maîtresse. En effet, sa présence n'est pas indispensable pour assurer l'interface entre le système radiotéléphonique à ondes décamétriques et le réseau commuté.

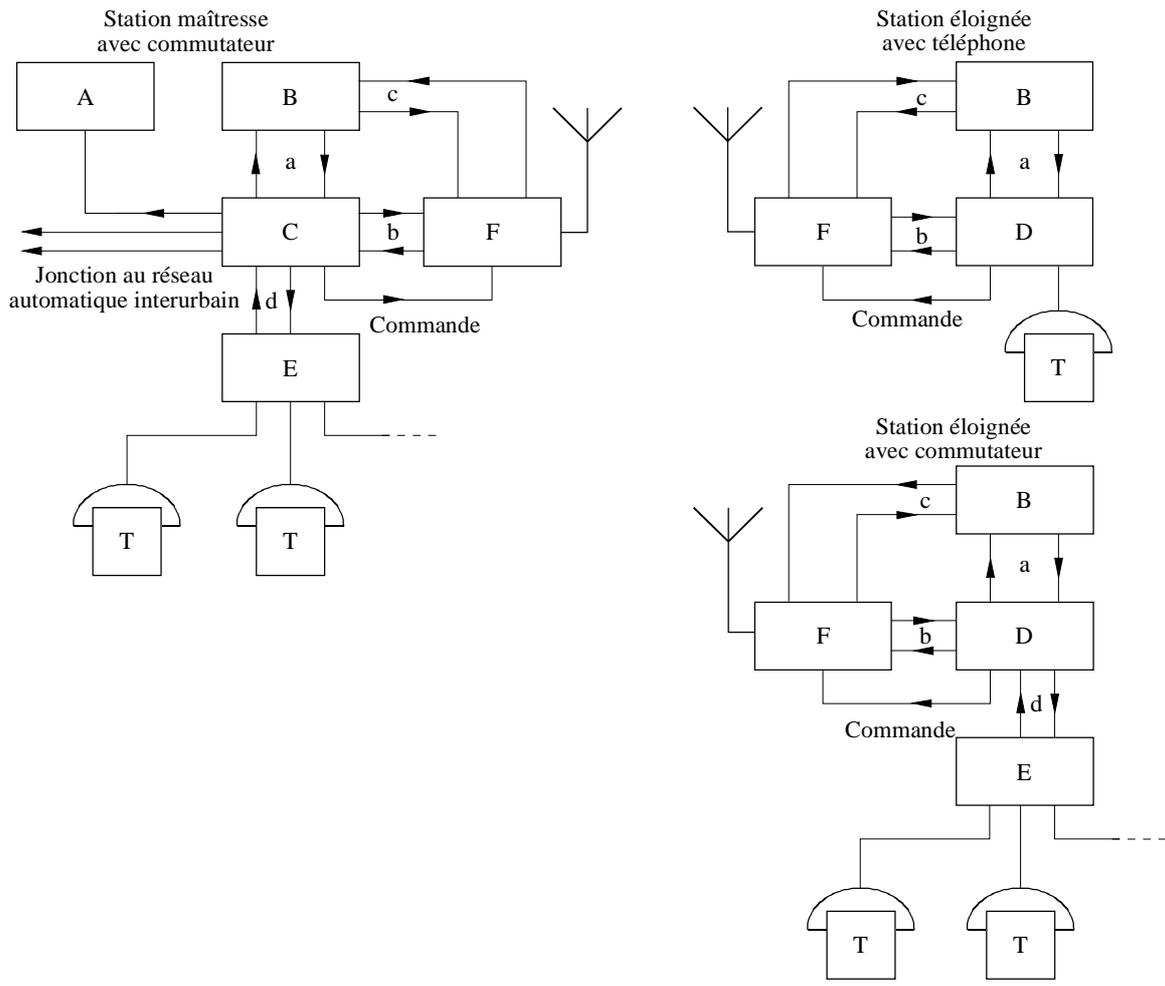
Tous les abonnés du système reçoivent des numéros à sept chiffres, selon le plan type de numérotage. Toutefois, on utilise la numérotation abrégée (trois chiffres pour les communications établies à l'intérieur du réseau à ondes décamétriques). Un numéro d'accès sert à différencier ces appels de ceux qui sont destinés au réseau automatique interurbain.

Lorsqu'aucune communication n'est établie dans le système, la station maîtresse explore continuellement les voies assignées (huit dans le système expérimental), en émettant sur chaque voie un message numérique à 48 bits. Les messages numériques se présentent sous forme de données MDF émises par le modem à 75 bit/s. Pour éviter les évanouissements sélectifs, on a recours à la diversité de fréquence dans la bande.

Les stations éloignées se synchronisent elles-mêmes par rapport à la station maîtresse et tiennent des statistiques à court terme sur la qualité des voies, en examinant l'intégrité des données reçues. L'évaluation de la qualité est fondée en partie sur la détection des erreurs binaires, à l'aide du codage de détection d'erreur dans les données. En outre, une technique de mesure des «pseudo-erreurs» sert à affiner le processus de sélection lorsque plusieurs voies ont des taux d'erreur semblables.

FIGURE 2

Schéma de principe du système expérimental



- A: imprimante (enregistrement détaillé de la communication)
- B: modem à 75 bit/s
- C: interface de l'unité d'échange de la station maîtresse
- D: interface de l'unité d'échange
- E: autocommutateur privé
- F: émetteur-récepteur à ondes décamétriques
- T: appareil téléphonique

- a: données
- b: parole
- c: données (modulées)
- d: circuit de jonction

1110-02

Lorsqu'un abonné d'une ligne terrestre compose un numéro demandant la liaison avec le réseau à ondes décamétriques, la station maîtresse et la station éloignée concernée procèdent à un échange de messages numériques et à un transfert vers la voie choisie d'après l'algorithme d'évaluation des voies. Si la procédure aboutit, des trajets téléphoniques sont établis et les tonalités de surveillance habituelles de la téléphonie sont émises à destination du demandeur. Si le réseau à ondes décamétriques n'est pas disponible ou si la procédure d'établissement de la communication échoue pour une raison ou pour une autre, une tonalité rapide d'occupation est renvoyée au demandeur pour lui indiquer qu'il devra renouveler plus tard sa tentative d'appel. Lorsqu'un abonné raccroche à la fin d'une communication, la station à ondes décamétriques à laquelle il est relié commence à émettre un message numérique «fin de communication». Il s'ensuit un autre échange rapide de messages et le système revient à l'état de disponibilité.

S'il s'agit d'un appel entre deux stations éloignées, la procédure commence de la même façon qu'au paragraphe précédent mais lorsque la station maîtresse reconnaît, d'après le contenu des messages échangés, que le destinataire de la communication est une autre station éloignée, elle transfère temporairement la commande à la station éloignée qui a demandé la communication. Le rôle que jouait la station maîtresse dans la procédure d'évaluation des voies est maintenant assumé par la station éloignée, qui déclenche la communication au cours de la procédure d'établissement.

Une fois la communication établie, la station maîtresse revient à l'état de disponibilité et peut servir à d'autres communications (la voie empruntée par la communication est automatiquement mise en état d'occupation). Par conséquent, les stations éloignées communiquent directement entre elles pendant la communication; la station maîtresse est ainsi libre de recevoir d'autres communications, ce qui évite les problèmes que pose l'exploitation de deux liaisons à ondes décamétriques en cascade.

Lorsqu'un abonné raccroche, la station maîtresse est informée que la communication a pris fin. Le processus «de fin de communication» se déroule de la façon décrite plus haut.

4 Résultats des essais et évaluation

L'essai et l'évaluation se sont déroulés en deux phases. Dans la première phase, on a testé la portion à ondes décamétriques du système proprement dit. Dans la seconde phase, on a testé ce même système lorsqu'il est relié au réseau téléphonique commuté. Des communications ont été établies en provenance et à destination du système, à partir du réseau commuté, sans intervention de l'opérateur. Les emplacements d'essai ont été choisis de façon à offrir des circuits radioélectriques s'échelonnant entre 60 et 1 000 km. Huit fréquences comprises entre 2,6 MHz et 21 MHz ont été utilisées dans chaque phase. Lors de chaque phase, qui a duré environ quatre mois, les stations étaient servies par le personnel pendant des périodes de plusieurs jours. Les jours où les stations étaient sans surveillance, on a eu recours à des dispositifs d'enregistrement automatique pour continuer à mesurer la qualité du signal sur chaque fréquence.

Dans l'analyse des données qualitatives relatives aux voies, on a distingué deux niveaux. Le premier, appelé niveau 1, est atteint lorsque le taux d'erreur binaire (TEB) dans une voie donnée est tel que presque tous les messages numériques sont reçus sans erreur. Dans ce cas, la voie offre généralement une bonne qualité téléphonique. Pour le niveau 2, il faut avoir reçu au moins un tiers de messages sans erreur. Ce niveau, qui a pu être défini par des procédés empiriques, correspond approximativement au niveau de qualité le plus bas auquel on peut acheminer des communications téléphoniques sans difficulté majeure. Il faudra souvent plusieurs tentatives de numérotation lorsque la qualité de la voie est proche de cette limite inférieure.

Les résultats des essais de transmission ont été les suivants: on a obtenu sur une voie au moins une qualité de niveau 1 pendant une moyenne d'environ 70% de la période d'essai. Pour la qualité de niveau 2, au moins une voie a été disponible pendant 98% du temps (voir la Fig. 3).

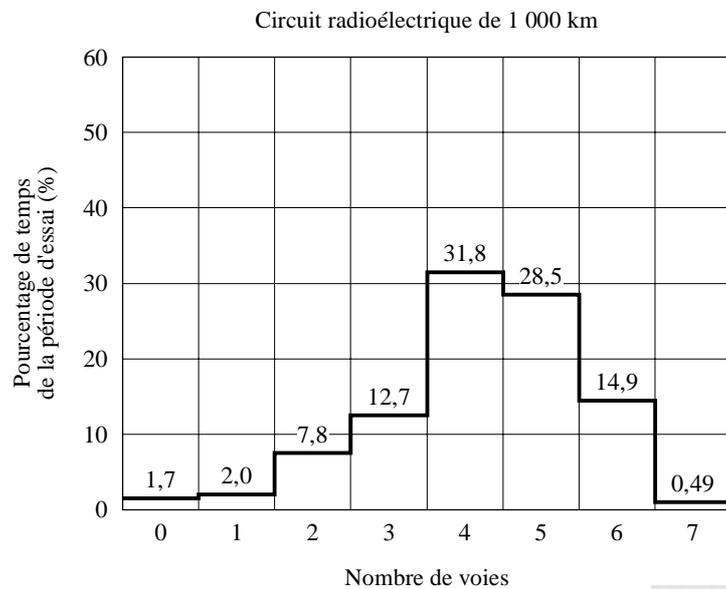
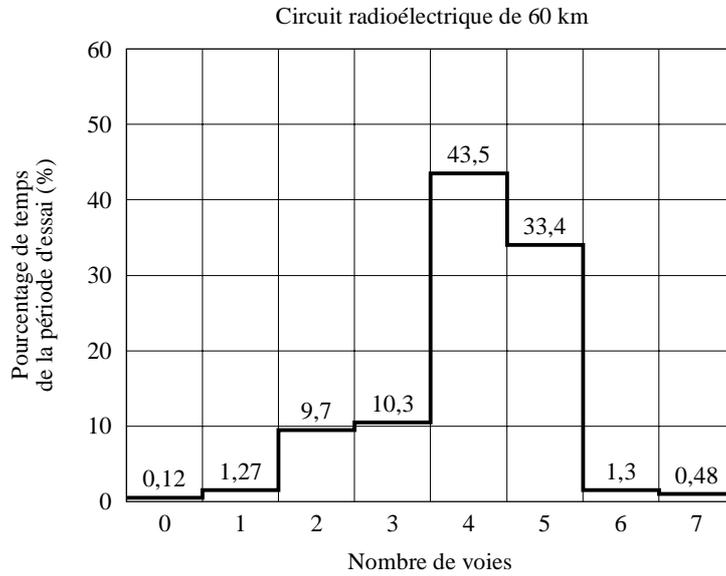
5 Discussion des résultats des essais

On a relevé plusieurs fois des perturbations dans des conditions de propagation durant la période d'essai, notamment des orages magnétiques à deux reprises au moins. Les effets de ces orages ont été observés dans les enregistrements effectués pendant ces périodes et ils se sont traduits par deux interruptions totales d'environ 6 h chacune. Ces périodes étaient brèves par rapport à la durée totale de l'essai et ont été prises en considération dans les statistiques.

Les résultats de l'essai ont révélé qu'il y avait presque toujours plus d'une voie utilisable pour un circuit donné; en réalité, on disposait au moins de quatre voies dans la plupart des cas. De plus, l'ensemble des voies utilisables à un moment donné variait souvent d'un trajet à un autre, surtout lorsque les longueurs des circuits étaient très différentes. On peut déduire de ces observations que la disponibilité d'une voie se prêtant à l'établissement d'une communication tend à rester relativement élevée même si plusieurs des voies de l'ensemble sont occupées. Tout porte à croire également qu'on obtiendrait une bonne probabilité de propagation avec moins de huit voies; en réalité, il aurait suffi d'avoir les quatre meilleures voies pour chaque circuit, pour disposer encore d'une voie utilisable pendant plus de 98% de la période d'essai.

Enfin, les résultats des essais de transmission ont clairement démontré l'intérêt de la RTCE. On a relevé de nombreux cas de propagation qui se situaient bien au-dessus de la MUF prévue. Par exemple, sur le circuit de 60 km, on a utilisé à plusieurs reprises des voies à 13,7 et 20,5 MHz lorsque la MUF prévue se situait entre 5 et 7 MHz. Par ailleurs, on a constaté que le brouillage en provenance de stations éloignées qui se partagent la même voie, autre élément imprévisible dans les communications à ondes décamétriques, était très important pour déterminer la meilleure voie à utiliser. Même pour le circuit de 60 km, on constate que les voies aux fréquences les plus élevées sont les meilleures pendant un pourcentage important du temps, même si ces fréquences étaient supérieures à la MUF.

FIGURE 3
Pourcentage de temps de la période d'essai pendant lequel la qualité de niveau 2 était dépassée dans le nombre de voies considérées



Système radioélectrique de transmission numérique pour le trafic téléphonique et télégraphique et pour la transmission de données, susceptible d'être intégré au réseau numérique à intégration de services (RNIS)*

1 Vue d'ensemble

1.1 Caractéristiques du système

Le système décrit ci-après présente les caractéristiques suivantes:

- RTCE, comprenant l'analyse passive et l'analyse active des voies (APV et AAV),
- algorithme intégré de prévision de la MUF,
- système d'établissement automatique de la liaison (ALIS),
- réaction adaptative au brouillage (RA).

Il se prête à la transmission de:

- caractères télégraphiques,
- données (données informatiques, télécopies),
- téléphonie (analogique et numérique),

au moyen de dispositifs divers de protection des données:

- ARQ,
- CED.

Le système est doté d'une capacité de transmission numérique faisant intervenir des techniques et des vitesses différentes (selon le niveau d'évolution):

- maximum de 228,7 bit/s, MDF-2, largeur de bande 300 Hz, déplacement de fréquence de ± 85 Hz, émetteur-récepteur à modem intégré,
- maximum de 720 bit/s, MDF-8, largeur de bande 3,1 kHz, système à modem intégré,
- maximum de 2 400 bit/s, largeur de bande 3,1 kHz, modem pour ondes décimétriques non intégré, connecté au système.

Ce système est également fondé sur un concept souple de fonctionnement et d'interface (incluant la commande à distance) pour des applications fixes et mobiles. On peut l'intégrer à différentes configurations de réseau en utilisant un ordinateur central relié à divers réseaux de communication, par exemple au RNIS.

1.2 Structure du système

Le modèle de référence ISO/OSI (ISO: Organisation internationale de normalisation, OSI: interconnexion des systèmes ouverts) a été utilisé comme base de communication entre les systèmes ouverts (un «système» est défini comme comprenant un système de communication complet avec ses périphériques; «ouvert» signifie que ces systèmes peuvent communiquer avec le «monde extérieur», à l'aide de protocoles normalisés).

Le système radioélectrique à commande automatique fonctionnant sur ondes décimétriques est un système ouvert au sens où on l'entend dans le modèle de référence de l'ISO. Il n'existe pas de correspondance parfaite entre l'équipement et les couches. Par exemple, les couches 2 à 5 sont mises en œuvre par le processeur de communication. Des blocs de fonctions, assignés aux différentes couches, donnent une description plus précise des tâches à exécuter.

* Pour complément d'information, voir la Norme fédérale américaine 1045A «HF Radio Automatic Link Establishment» (Etablissement automatique de liaisons de radiocommunication en ondes décimétriques).

Couche ISO	Dispositif	Bloc de fonctions
7 Couche application	Terminal de données Unité de commande Processeur du système	Entrée/sortie de données Commande Commande Traitement de messages Liaison de réseau
6 Couche présentation	Unité de codage	Codage
5 Couche session 4 Couche transport 3 Couche réseau 2 Couche liaison de données	Communication Processeur	APV, AAV, ALIS, RA ARQ/CED
1 Couche physique	Système radioélectrique	MDF, MDF-8, BLsup, MDPD

BLsup: bande latérale supérieure
MDPD: MDP différentielle

2 Données d'entrée

Les données suivantes sont entrées dans le processeur de communication par l'unité de commande:

2.1 Données permanentes

- Liste d'adresses donnant les coordonnées et la distance des autres stations par rapport à celles du système concerné,
- groupe de fréquences,
- date et heure,
- nombre de taches solaires.

En règle générale, les données permanentes ne sont pas modifiées, à l'exception de la reconfiguration du réseau de radiocommunications ou d'un changement considérable du nombre de taches solaires. La date et l'heure sont enregistrées dans l'horloge interne, les données restantes étant emmagasinées dans une mémoire vive avec sauvegarde et ne devant être réintroduites qu'en cas de changement de batterie ou de réparation.

2.2 Exemples

Liste d'adresses avec coordonnées et distances des autres stations par rapport à la station en cause:

<i>Adresse</i>	<i>Nom de la station</i>	<i>Coordonnées/Distance</i>	<i>Code</i>
1234	ALPHA	C10.3E/40.5N	propre
2312	BRAVO	C11.3E/42.4N	
5436	CHARLIE	D456	

(Coordonnées: indiquées avec C et longitude/latitude; E: est, N: nord, W: ouest, S: sud; D: Distance de 1 à 999 km.)

Un appel est envoyé à la station BRAVO lorsque l'ordre «call: 2312» parvient au processeur de communication.

Grâce à l'adressage, le système est doté d'un dispositif d'appel sélectif, mais tous les utilisateurs du réseau peuvent être contactés simultanément au moyen d'une adresse de diffusion.

2.3 Groupe de fréquences

Le groupe de fréquences contient la liste des fréquences ou des voies à utiliser. Cette liste doit être établie en fonction des distances mentionnées dans la liste d'adresses, de façon à ce qu'il soit tenu compte des variations journalières de la MUF et de la LUF. En général, les fréquences sont assignées par les autorités compétentes. Chaque groupe peut accueillir jusqu'à 16 fréquences, et il est possible d'emmagasiner 25 groupes différents. Toutefois, il ne faut pas dépasser un total de 100 fréquences.

2.4 Date, heure et taches solaires

A l'aide de la date, de l'heure et du nombre de taches solaires, le programme intégré de prévision radioélectrique calcule la MUF, et, à partir de là, la fréquence optimale de travail (FOT) pour la liaison choisie, pour ensuite déterminer la meilleure fréquence dans le groupe de fréquences par une APV (voir le § 3.2 de cette Annexe).

2.5 Paramètres d'exploitation

- Protection de données ARQ/CED,
- mode de transmission données (vitesses normale, rapide, étendue), téléphonie.

Les paramètres d'exploitation ne doivent être réintroduits que si un mode de transmission différent est utilisé, par exemple si l'on passe du mode de transmission de données à la téléphonie. Les paramètres doivent être uniquement introduits par la station appelante, la station appelée recevant les paramètres d'exploitation lors de l'appel.

2.6 Protection de données ARQ/CED

La protection de données par l'ARQ et la CED a été prévue pour les liaisons point à point ou les liaisons de diffusion. Lorsque l'ARQ est utilisée, un accusé de réception permet aux deux stations de réagir à un changement dans la qualité de liaison (réaction adaptative). En mode CED, la qualité de transmission est garantie par la sélection automatique de voie et par la CED.

2.7 Modes de transmission données (vitesses normale, rapide, étendue), téléphonie

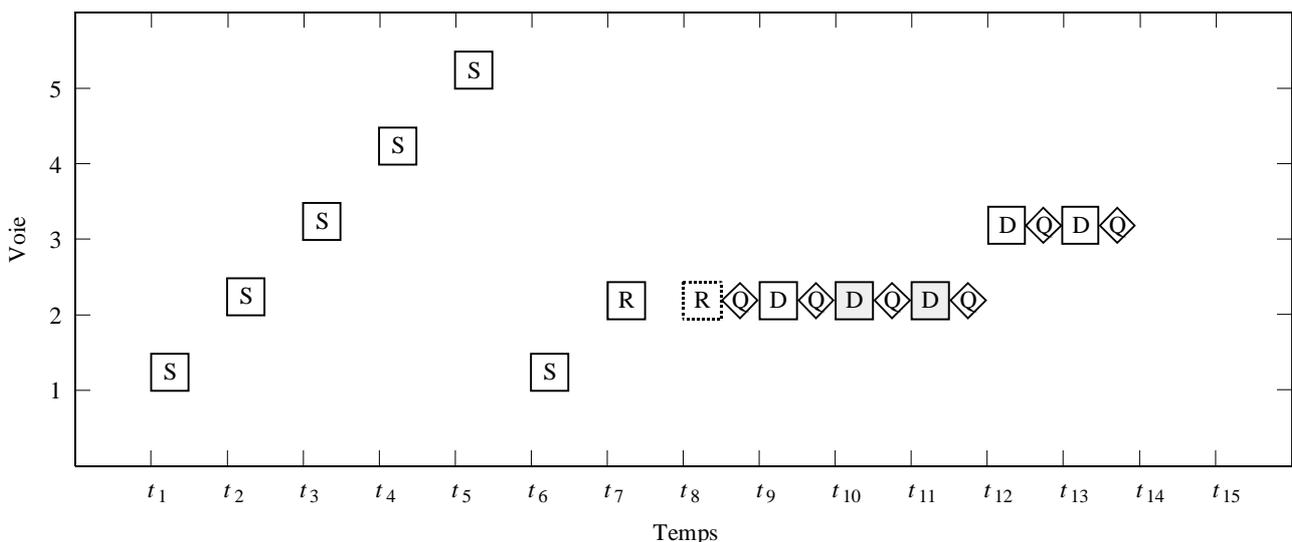
L'utilisateur peut choisir le mode souhaité en gardant à l'esprit que les services offerts dépendent du niveau d'évolution des systèmes intervenant dans les communications. Tous les systèmes doivent utiliser le système de couche défini dans le modèle de référence de l'ISO.

3 Fonctions automatiques du processeur de communication

3.1 Analyse passive des voies en mode exploration (voir la Fig. 4)

En mode exploration, le processeur de radiocommunications attend l'appel d'une station associée, et, dans le même temps, scrute les voies du groupe de fréquences. Les voies sont connectées cycliquement et le temps d'arrêt pour chaque voie est d'environ une seconde. Parallèlement, une technique de corrélation est utilisée pour rechercher un signal d'appel, et la qualité de la voie est déterminée par mesure du niveau moyen. Le niveau de signal mesuré est emmagasiné dans une «mémoire/qualité».

FIGURE 4

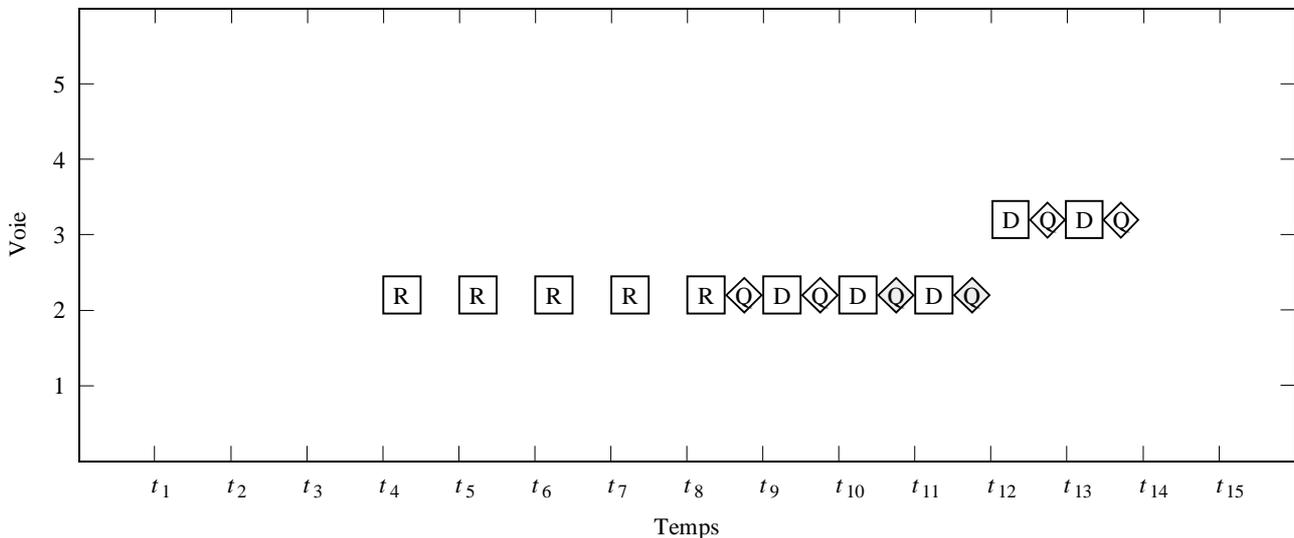


Exploration de t_1 à t_6 ; le récepteur explore les voies \boxed{S} de façon cyclique jusqu'au moment où il reçoit un appel \boxed{R} à t_7 ; il attend la fin de l'appel à t_8 et envoie un accusé de réception $\diamond Q$. La réception des données \boxed{D} s'effectue alors, donnant lieu à un accusé de réception $\diamond Q$. A t_{10} , on note une perturbation sur la voie 2 ($\boxed{D} \diamond Q$), et les deux stations commutent sur la voie 3.

3.2 Procédure d'appel à l'aide de l'analyse active des voies (voir la Fig. 5)

La procédure d'appel est lancée par un ordre «CALL». Cet ordre interrompt le mode exploration; le processeur de communication détermine ensuite la FOT pour la station associée au moyen de l'algorithme intégré de la MUF, et sélectionne la meilleure fréquence et les paramètres dans la mémoire/qualité.

FIGURE 5



Appel de t_4 à t_8 ; l'émetteur envoie un appel sur la fréquence optimale, et après accusé de réception \diamond à t_9 , commence la transmission de données \square . A t_{10} , on note une perturbation sur la voie 2 ($\square \diamond$), et les deux stations commutent sur la voie 3.

1110-05

Un appel est envoyé sur cette fréquence. Cet appel comprend un mot de synchronisation, une adresse, un compteur de trames et un mot d'état. Le mot de synchronisation et le compteur de trames sont utilisés conjointement avec une technique de corrélation et en ajoutant une composante binaire pondérée pour la synchronisation de bits et de trames. L'adresse rend l'appel sélectif possible; le mot d'état sert à indiquer le mode utilisé, par exemple, téléphonie/données.

L'appel est émis sur une fréquence donnée assez longtemps pour permettre au récepteur de scruter toutes les fréquences. De cette façon, on peut s'assurer que le récepteur scrute la voie dans laquelle la station appelante émet pendant au moins une période d'exploration.

En règle générale, la liaison est établie au premier appel, la sélection de la voie étant rendue possible par l'analyse de prévision des liaisons et par l'analyse passive des voies.

Si l'appel reste sans réponse dans une liaison point à point, la station appelante retransmet l'appel sur la fréquence suivante; ce procédé est répété jusqu'à ce qu'une liaison soit établie. Avec cette méthode, on recourt à l'analyse active des voies pour vérifier la qualité pendant l'établissement de la liaison.

3.3 Transmission à l'aide de l'analyse active des voies

Dans les liaisons point à point, les données sont transmises en mode ARQ. Cette méthode veut que chaque bloc transmis donne lieu à un accusé de réception par la station réceptrice. La station émettrice d'informations (ISS) et la station réceptrice d'informations (IRS) sont donc en contact permanent et ainsi en mesure de vérifier continuellement l'efficacité de la transmission.

Quel que soit le taux d'erreur ou le type de dégradation, l'efficacité est déterminée en mesurant le taux de répétition des blocs et en appliquant la méthode des moyennes mobiles. Lorsque la moyenne tombe sous un certain seuil, la réaction adaptative se produit.

3.4 Réaction adaptative

La réaction adaptative est une opération de commutation automatique sur une autre fréquence, dont le choix s'effectue sur la base de la variation journalière de la MUF. Cette fréquence est vérifiée au moyen d'une transmission continue de données qui permet de s'assurer que la qualité de transmission est satisfaisante. Si tel n'est pas le cas, on change à nouveau de fréquence. Lorsque les conditions sont exceptionnellement mauvaises, il se peut que toutes les fréquences du groupe doivent être vérifiées, mais dans la plupart des cas les communications sont rétablies à la première ou à la deuxième tentative.

3.5 Protection des données

Un dispositif ARQ normalisé fonctionne à 228,7 bit/s sur la liaison radioélectrique. Chaque bloc de données contient 30 bits de données, 16 bits de contrôle de redondance cyclique (CRC) et 2 bits d'identification. Un bloc d'accusé de réception contient 16 bits. Un cycle d'émission/réception dure 485,4 ms. Si la transmission s'effectue sans erreur, le débit du terminal est de 100 Bd. Le taux d'erreur résiduelle est donné à la Fig. 8.

Quand on utilise le modem de données à 720 bit/s sur la liaison radioélectrique, la procédure ARQ appliquée utilise une structure et un codage similaires à ceux d'une procédure ARQ standard. Le taux d'erreur résiduelle est indiqué à la Fig. 8.

Le mode ARQ peut être configuré à 5 bits pour les caractères télégraphiques, à 7 bits pour les caractères ASCII ou à 8 bits pour la transmission transparente des bits.

Bien que l'on travaille avec des émetteurs-récepteurs, la commutation automatique du sens de transmission, qui est commandée par le niveau de remplissage du tampon d'entrée, permet de réaliser une exploitation en «quasi-duplex».

Les techniques de CED ont été spécialement adaptées pour les voies à ondes décamétriques.

4 Niveaux d'évolution (voir la Fig. 6)

La version type du système offre les fonctions suivantes:

- exploitation radioélectrique classique,
- établissement de liaisons universelles automatiques comme décrit au § 3.2 pour tous les niveaux d'évolution,
- dispositif ARQ standard avec réaction adaptative

vitesse de modulation du terminal	100 Bd
débit de la liaison	228,7 bit/s
correction d'erreur	16 bits CRC
taux d'erreur résiduelle	voir la Fig. 7,
- commutation de mode radiotélex/données après établissement automatique de la liaison,
- exploitation: téléimprimeur, terminal (voir le § 5 de cette Annexe).

Ce système peut être perfectionné de la façon suivante:

4.1 Amélioration de la qualité de transmission

- Unité CED intégrale

vitesse du terminal	50/100 Bd code Baudot 110/130 Bd code ASCII
vitesse de la liaison	117/228,5 Bd
correction d'erreur	code de convolution intégré.
- Modem de données intégré à modulation MDP-8, avec dispositif ARQ et capacité de réaction adaptative

vitesse du terminal	390 Bd
débit de liaison	720 bit/s
correction d'erreur	16 bits CRC
taux d'erreur résiduelle	voir la Fig. 7.
- Unité CED intégrale

vitesse du terminal	432 Bd
débit de la liaison	720 bit/s
correction d'erreur	(5,3,3) code Reed-Solomon avec 3 bits par symbole
taux d'erreur résiduelle	voir la Fig. 8.

4.2 Amélioration de la qualité au niveau du terminal

- Un processeur de système autorise les utilisations suivantes:
système de traitement de message (logiciel conforme à la Recommandation UIT-T X.400),
connexion ou intégration du système à divers réseaux, par exemple au RNIS.

4.3 Elargissement de la gamme de fonctions

- Modem intégré à 2 400 bit/s pour la transmission:
d'images sur télécopieur,
de signaux vocaux numérisés à l'aide d'un vocodeur à prédiction linéaire,
de données.

FIGURE 6
Niveaux d'évolution

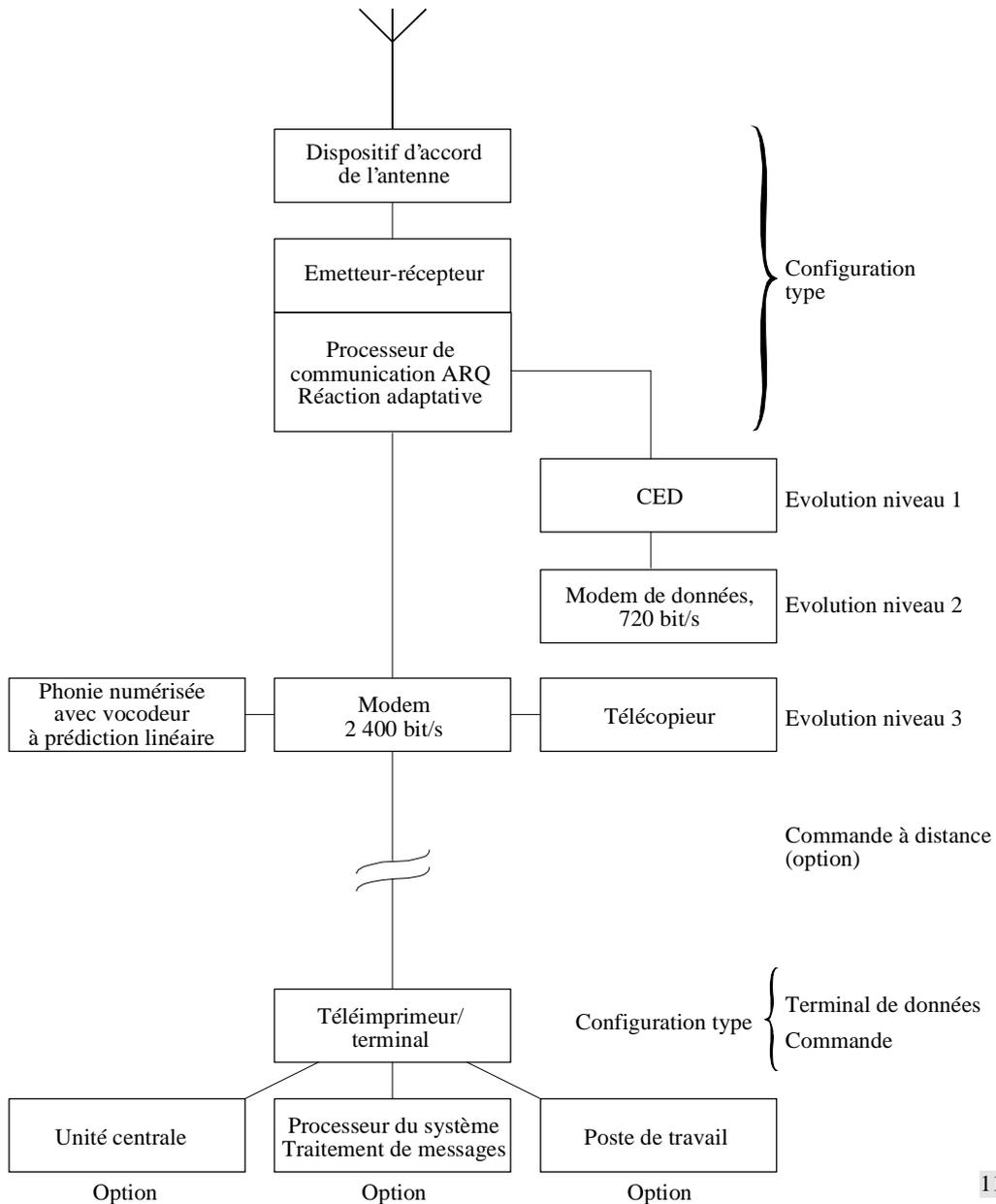
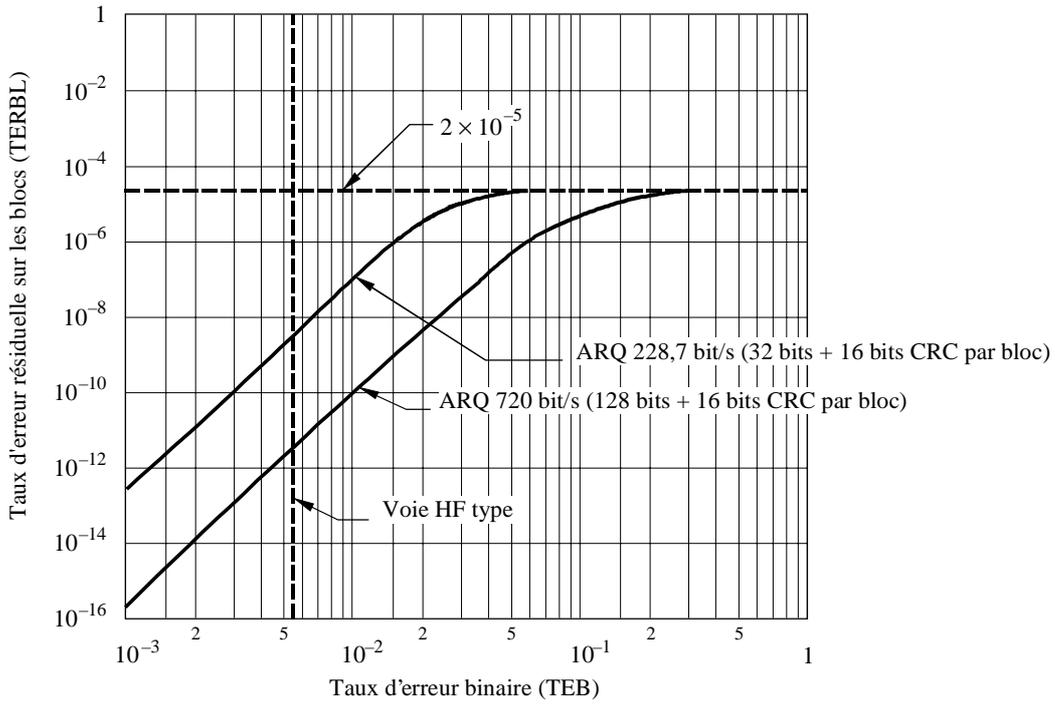


FIGURE 7

Taux d'erreur résiduelle sur les blocs (TERBL) pour codage ARQ en fonction du taux d'erreur binaire (TEB) dans la voie

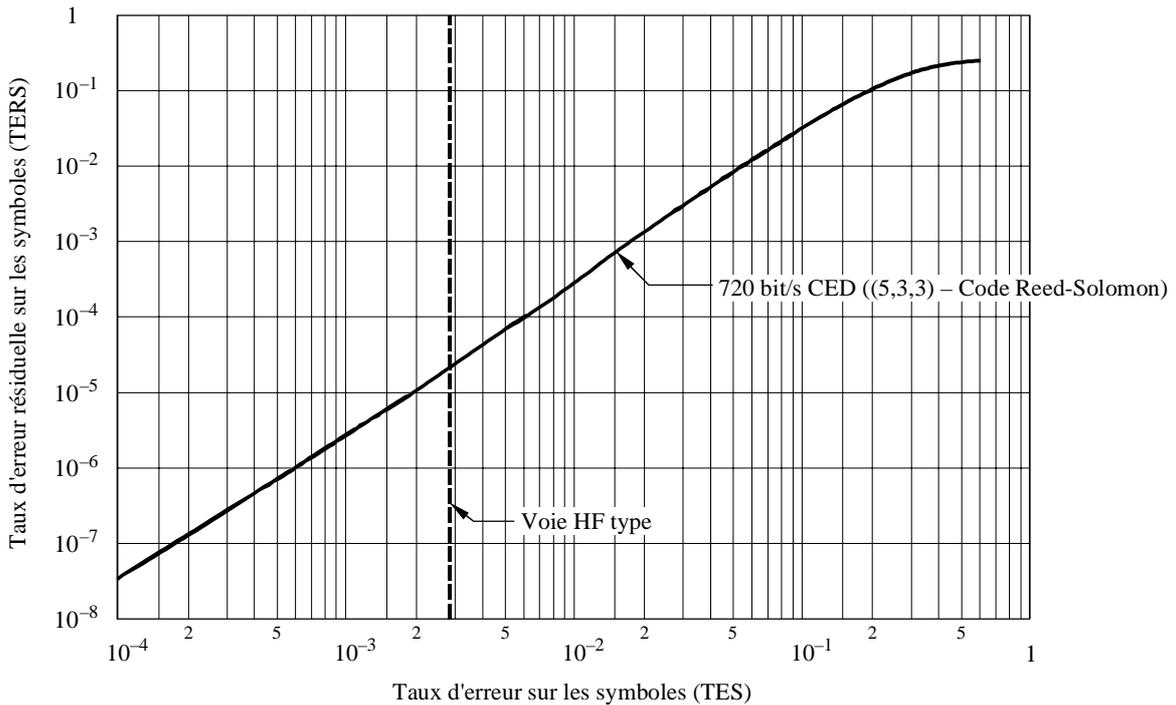


Si le taux d'erreur binaire dans la voie considérée est 1×10^{-3} , la probabilité de non-détection d'une erreur dans un bloc de données est inférieure à 1×10^{-12} ou 1×10^{-16} .

1110-07

FIGURE 8

Taux d'erreur résiduelle sur les symboles (TERS) pour le code Reed-Solomon (5,3,3) en fonction du taux d'erreur sur les symboles pour l'unité CED avec un modem de données à 720 bit/s



1110-08

5 Concept exploitation/interface

5.1 Interfaces

Des cartes d'interface amovibles constituent la base d'un concept d'exploitation souple. Le système est configuré par l'intermédiaire de l'interface de commande.

5.1.1 Equipement de commande:

Téléimprimeur, terminal, processeur de système, ordinateur central.

5.1.2 Modes d'exploitation:

Local

Télécommande via câble, modem ou liaisons VHF/UHF.

5.1.3 Interfaces de commande:

RS-232-C, code ASCII, avec sélection boucle de courant, code Baudot ou ASCII.

5.1.4 Interfaces de données:

RS-232-C, asynchrone, synchrone, 5 à 8 bits, avec sélection boucle de courant, code Baudot ou ASCII.

5.2 Exploitation

Le concept d'exploitation tient compte de la possibilité d'évolutions futures.

Dans la configuration type, un terminal, par exemple un téléimprimeur, suffit à la fois pour la commande et l'entrée/sortie de données.

Des équipements tels que terminaux, ordinateurs personnels, processeurs de systèmes et ordinateurs centraux, dotés des interfaces mentionnées plus haut, peuvent être utilisés comme équipement de commande.

Si la simple unité de commande est remplacée par un processeur de système, le système radioélectrique peut s'accommoder pratiquement de n'importe quelle configuration de réseau.

6 Essais

Des essais ont été effectués sans interruption depuis 1983 sur différentes liaisons radioélectriques. En République fédérale d'Allemagne et dans d'autres pays, ils ont été faits sur des distances allant de zéro à plusieurs milliers de kilomètres.

On a utilisé à cette fin des puissances de 150 W, 400 W et 1 kW, émises à partir d'antennes ou de doublets à large bande, équipés de dispositifs d'accord.

Ont été ainsi confirmées:

- la fiabilité et la vitesse d'établissement de la liaison automatique. A l'aide de l'analyse passive des voies et du programme de calcul de la MUF, la communication a pu être établie dans la plupart des cas à la première ou à la deuxième tentative;
- l'efficacité des méthodes de protection de données qui a atteint sa limite théorique;
- la fiabilité du dispositif de réaction adaptative en présence de brouillage qui augmente la disponibilité du trajet radioélectrique.

Famille d'équipements pour transmissions adaptatives

1 Généralités

Des transmissions adaptatives sont réalisées à partir de stations BLU de 20 W, 100 W, 400 W.

Les types de service possibles sont:

- la phonie analogique (J3E),
- les transmissions numériques: télégraphie ou transmission de données (F1B).

2 Caractéristiques principales

Le système a été développé en France et permet la mise en liaison automatique de deux stations en appel sélectif ou la diffusion vers un groupe de stations.

Les procédures de prise de liaison sont assurées grâce à un modem utilisant une modulation MDF-8 à 125 Bd, associée à un codage correcteur-détecteur d'erreurs Reed-Solomon.

Le trafic s'écoule ensuite:

- soit en phonie (bande 300-3 050 Hz);
- soit en transmission numérique à des débits compris entre 100 et 200 bit/s, en réutilisant le modem déjà utilisé dans la phase de prise de liaison ou à des débits compris entre 1 000 et 1 800 bit/s en utilisant un modem haut débit série.

En mode point à point (alternat simplex ou semi-duplex), les messages et données sont acheminés grâce à une procédure avec acquittement mettant en œuvre, en cas de besoin, des adaptations de puissance, de fréquence, ou de débit sur la liaison.

En mode diffusion (restreinte ou générale), les messages et données sont simplement codés et diffusés sur la voie radio.

3 Organisation des réseaux

Un réseau est constitué par un ensemble de postes dotés des mêmes éléments initiaux de définition: fréquences (16 au plus), plans de fréquence, mode de sélection des fréquences, plans d'adresses (individuelles, collectives).

Pour les besoins d'établissement des communications point à point, chaque poste reçoit une adresse.

Le nombre de postes dans un réseau est indifférent.

Un poste peut recevoir les éléments initiaux de neuf réseaux, avec une adresse unique.

4 Sélection de la fréquence de trafic

L'équipement offre deux modes de sélection de la fréquence de trafic:

- a) un mode manuel, avec choix de la fréquence par l'opérateur;
- b) un mode automatique, avec choix d'une fréquence assurant la qualité de service requise:
 - soit par le maître du réseau pour établir une diffusion,
 - soit par deux membres quelconques du réseau pour établir une communication point à point.

Tous les membres du réseau doivent utiliser le même mode de sélection de la fréquence, ce mode figurant dans les éléments initiaux définissant le réseau.

En mode automatique, tous les postes du réseau sont en veille cyclique sur le plan de fréquences sélectionné par le poste maître du réseau (il y a deux plans de fréquences: un plan de jour et un plan de nuit); ils passent de manière asynchrone, et pour des durées limitées dites «paliers de veille», sur les fréquences du plan et sont donc aptes à recevoir le poste qui déclenche une procédure d'appel.

4.1 Etablissement d'une liaison point à point

4.1.1 Lorsqu'un membre A du réseau veut entrer en liaison avec un autre membre B, il compose une séquence d'appel contenant entre autres les informations suivantes:

- motif de synchronisation (le réseau étant asynchrone, la synchronisation doit être intégrée à l'appel),
- station appelante (adresse source),
- station appelée (adresse destinataire),
- type de service.

Simultanément, il consulte sa matrice QAF (qualité, adresse, fréquence), matrice qui contient à tout moment les fréquences à utiliser en fonction de la qualité des liaisons précédentes.

Puis il lance l'appel sur la fréquence préconisée: F_1 , et veille la réponse de B sur F_1 .

4.1.2 B ayant détecté l'appel dont il est destinataire, émet sur F_1 une réponse contenant la note de qualité de F_1 , utilisée dans le sens A vers B, note élaborée à partir de la sortie qualité du code correcteur d'erreur employé dans la procédure, couplée à une estimation du SINAD de la liaison.

Cette réponse de B permet à A d'élaborer de la même manière une note de qualité de F_1 , utilisée dans le sens B vers A.

4.1.3 Si ces deux notes de qualité sont suffisantes pour assurer le type de service demandé, F_1 est choisie comme fréquence simplex de la liaison.

4.1.4 Dans le cas contraire, ou s'il n'y a pas de réponse de B, A lance un nouvel appel sur une autre fréquence: F_2 et le processus continue jusqu'à ce que l'on ait trouvé une fréquence (simplex) ou deux fréquences (semi-duplex) permettant d'assurer la liaison dans les deux sens avec la qualité de service requise pour le type de service demandé.

Il y a lieu de noter qu'en ne recherchant pas obligatoirement un fonctionnement simplex (fréquence de trafic passante dans les deux sens de la liaison), mais en autorisant un fonctionnement semi-duplex, le procédé utilisé permet de résoudre le problème de l'asymétrie de certaines fréquences, passant dans un sens, brouillées localement dans l'autre ou celui des allocations de fréquences différentes aux deux extrémités de la liaison.

4.1.5 Si aucune réponse de B n'est détectée par A, ou si aucune fréquence (ou couple de fréquences) ne permet d'assurer la liaison, la procédure d'appel est stoppée au bout de deux cycles d'appel, puis réitérée après une temporisation aléatoire.

4.2 Etablissement d'une liaison diffusion

4.2.1 Le maître de réseau peut décider à tout moment de lancer une procédure de sélection de fréquence, en émettant une série d'appels sur les fréquences du réseau.

La procédure suivie est similaire à celle utilisée pour les liaisons point à point, si ce n'est que plusieurs postes étant destinataires, une adresse collective affectée à ce groupe d'abonnés est utilisée, et que, pour que chacun des abonnés puisse répondre, leurs réponses sont multiplexées dans le temps, un créneau de réponse étant affecté à chacun.

Ceci allonge évidemment la durée des phases de veille de réponse par la station appelante; ces créneaux supplémentaires peuvent être utilisés par les autres postes du réseau pour écouter la réponse en cours et affecter ainsi, dans leur matrice QAF, une note de qualité en réception à la fréquence utilisée par le poste auquel est affecté le créneau de réponse en cours.

4.2.2 Les appels sont émis successivement dans l'ordre des meilleures fréquences contenues dans la matrice QAF; dès que le maître a reçu, sur une fréquence, une réponse positive de tous les abonnés concernés par l'appel, il prévient les abonnés de cette réponse positive et commence à écouler le trafic sur cette fréquence.

4.2.3 Si aucune fréquence ne permet d'obtenir une réponse positive de tous les abonnés, le maître choisit la fréquence sur laquelle il a obtenu le maximum de réponses positives.

Dans ce cas, certains abonnés risquent de ne pas recevoir le contenu de la diffusion effectuée. Pour être certain de les joindre, il faut recommencer la diffusion sur une deuxième fréquence, convenant aux abonnés pour lesquels la fréquence choisie ne donnait pas satisfaction.

4.2.4 La durée totale de la procédure peut atteindre plusieurs dizaines de secondes.

5 Architecture fonctionnelle d'une station destinée à la mise en œuvre du procédé de sélection automatique de fréquence

Une telle station comporte un émetteur-récepteur HF associé à un microprocesseur de gestion qui enchaîne les différentes phases d'alternat et de changement de fréquence de l'émetteur-récepteur. Ce microprocesseur de gestion est lié à l'émetteur-récepteur par une liaison de télécommande (TC) de fréquence et d'alternat et par une liaison de retour de transmission de mesures (TM) du récepteur. Dans les phases de sélection, le microprocesseur élabore des messages ou reçoit des messages par une liaison de données, provenant d'un modem MDF, qui peut être réalisé à partir d'un processeur de traitement de signal (PTS).

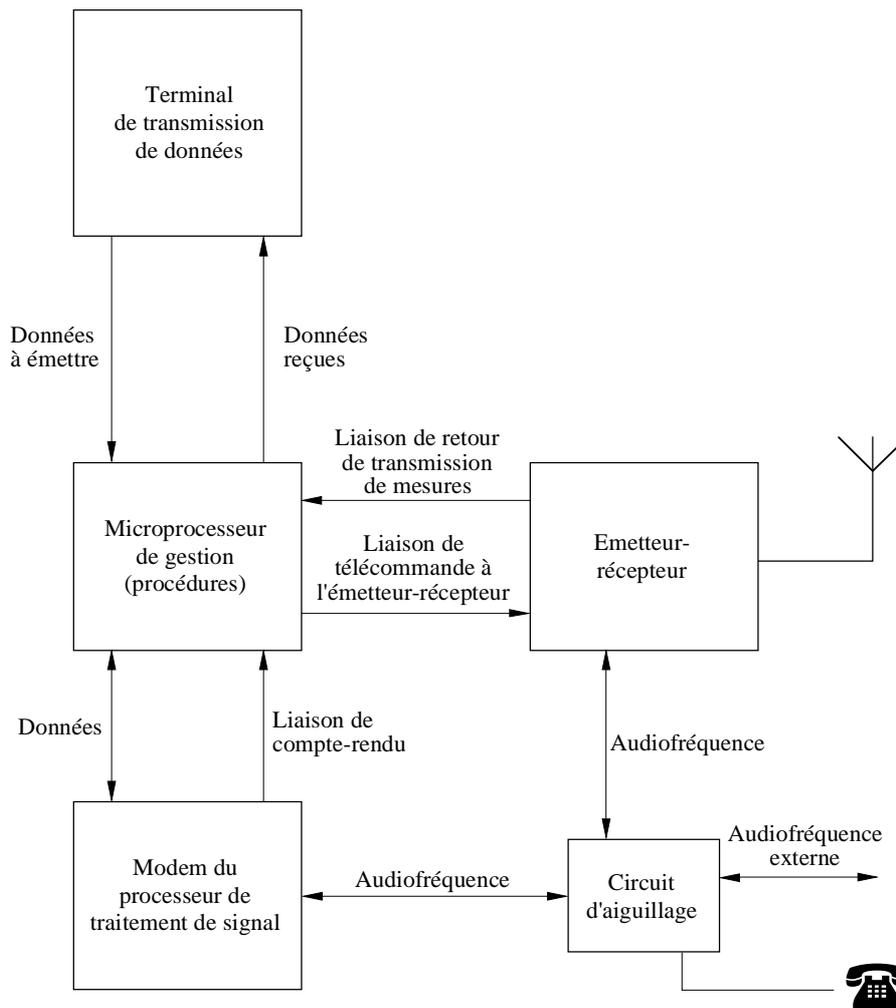
Ce processeur peut inclure des fonctions de corrélation permettant la détection des motifs de synchronisation, ainsi que les moyens de codage (Reed Solomon, par exemple, évoqué dans les paragraphes précédents) des données à émettre ou à recevoir. A partir de ce dispositif, on peut en plus qualifier la liaison par exploitation de la capacité de correction ou de détection des erreurs.

Une liaison de compte rendu (CR) permet d'acheminer ce type d'information vers le microprocesseur de gestion.

Le modem est interfacé par une liaison audiofréquence bidirectionnelle à l'émetteur-récepteur par l'intermédiaire d'un aiguillage qui permet de sélectionner soit ce modem MDF, soit une information AF provenant d'un combiné téléphonique ou tout autre dispositif externe fournissant une information dans la bande audio 300-3 000 Hz (modem externe, ligne téléphonique, dispositif LINCOMPEX, etc.).

FIGURE 9

Schéma fonctionnel d'une station avec sélection automatique de fréquences



ANNEXE 7

Système radioélectrique à commande automatique

1 Introduction

Un système radioélectrique à commande automatique (ACRS) a été mis au point au Royaume-Uni; il a été conçu pour répondre aux exigences suivantes:

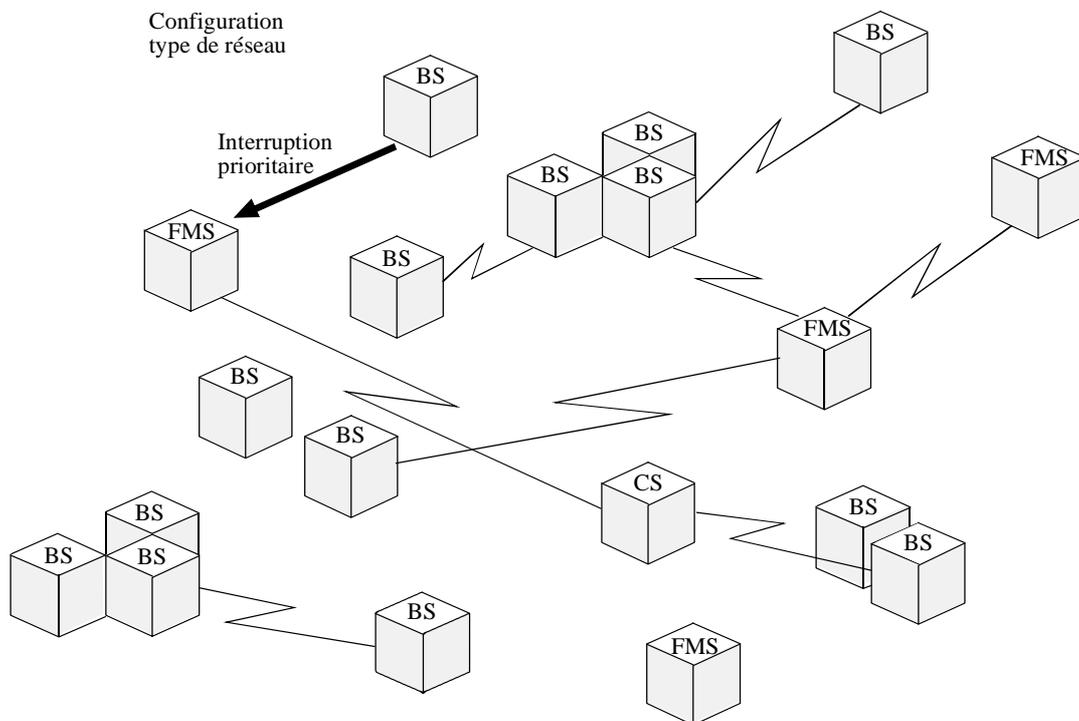
- création d'un réseau de 80 stations réparties dans tout le Royaume-Uni,
- transmission directe sans relais sur des liaisons de plus de 1 000 km,
- capacité de fonctionnement dans des conditions perturbées,
- réception et émission automatiques des messages en mémoire,
- densité élevée de trafic avec priorité aux messages urgents,
- haute intégrité des messages.

Bien que la configuration du système ait été choisie en fonction de ces exigences, les techniques mises en œuvre sont adaptables à d'autres besoins.

2 Données d'exploitation

Tel qu'indiqué à la Fig. 10, les stations qui font partie du réseau peuvent avoir l'une ou l'autre des trois fonctions suivantes, c'est-à-dire station directrice, station de gestion des fréquences ou station directrice de secours, outre leur rôle normal de station ordinaire.

FIGURE 10
Réseau type



CS: station directrice
 FMS: station de gestion des fréquences
 BS: station ordinaire

La station directrice est une station unique du réseau ACRS, chargée d'exécuter différentes fonctions de gestion du réseau, notamment son initialisation, les procédures d'admission tardive et d'affiliation des stations, la gestion des fréquences du réseau et la diffusion des informations techniques. Toute station ACRS peut jouer le rôle de station directrice, mais sa capacité d'écoulement de trafic est alors notablement réduite. Aussi la fonction de station directrice est-elle normalement assignée à une station dont le trafic est faible, si cela n'est pas gênant dans la pratique. Elle n'est donc pas allouée d'ordinaire à une installation à stations multiples.

La station directrice désigne jusqu'à quatre stations de gestion des fréquences et entreprend avec elles des procédures de sondage actif au cours de la phase d'initialisation du réseau et toutes les heures en période de fonctionnement normal. Toute station de transmission de données en ondes décimétriques peut faire office de station de gestion des fréquences, à condition que sa situation géographique convienne à cet effet, mais il en résulte une diminution de sa capacité d'écoulement du trafic. Les stations de transmission de données en ondes décimétriques qui font partie d'installations à stations multiples ne sont pas normalement choisies pour assurer la fonction de gestion des fréquences. La première station de gestion des fréquences désignée par la station directrice est automatiquement définie en tant que station directrice de secours et assurera la direction du réseau en cas de défaillance de la station directrice.

Toutes les stations du réseau ACRS sont préprogrammées avec les données de fréquence suivantes:

- a) assignation intégrale des canaux (1 023 au maximum),
- b) 20 canaux techniques (choisis parmi les canaux de a)),
- c) 40 canaux de station de gestion des fréquences (choisis parmi les canaux de a));

Avant le déploiement du système et pendant la période d'initialisation, les canaux définis ci-dessus sont alloués aux stations ACRS. Ils sont répartis dans la bande des fréquences radioélectriques (1,6-30 MHz).

Les canaux «techniques» sont explorés par toutes les stations depuis leur mise en marche et jusqu'à ce qu'ils soient synchronisés et intégrés au réseau. Une station qui perd sa synchronisation au sein du réseau, repasse immédiatement à la phase d'exploration des canaux techniques jusqu'à ce qu'elle soit à nouveau synchronisée. Les canaux techniques sont intercalés avec les 40 canaux des stations FMS alloués à la gestion des fréquences. La station directrice et les stations de gestion des fréquences balayent toutes les heures ces 60 canaux dont les fréquences font partie des fréquences du réseau.

Après initialisation du réseau, les canaux d'appel sont choisis et distribués par la station directrice à tous les emplacements, suivant une périodicité horaire. Les canaux «d'appel» sont groupés par séries de cinq, et normalement choisis parmi les 40 canaux des stations de gestion des fréquences; ils servent à transmettre les présentations d'appel et les accusés de réception lorsque le réseau est opérationnel. Les canaux de trafic sont également assignés à toutes les stations et mis en mémoire.

Ces canaux n'ont pas été préalablement définis en tant que canaux de gestion des fréquences ou canaux d'appel. Chaque appel à l'intérieur du réseau exige le choix d'un canal de trafic viable pour l'acheminement des données de message.

On entend par site ACRS un nœud adressable du réseau radioélectrique, à l'emplacement duquel peuvent se trouver une ou plusieurs stations ACRS. La plupart des sites n'ont pas besoin de plusieurs stations et sont appelés sites à station unique. Puisque les différentes stations d'un site à stations multiples ne sont pas séparément adressables, les adresses désignent nécessairement des sites.

Chaque station utilise deux équipements radioélectriques, indépendamment de son rôle ou de sa classification. Chaque équipement radioélectrique se compose d'un émetteur-récepteur et d'une unité de commande, dotée de son propre bloc d'alimentation. Un équipement radioélectrique porte la désignation «unité de trafic» et sert à émettre et à recevoir le trafic d'exploitation entrant et sortant de la station. Le deuxième équipement radioélectrique porte la désignation «unité de surveillance»; il permet de surveiller le spectre des fréquences et de détecter de nouvelles présentations d'appel pendant que l'émetteur-récepteur «trafic» fonctionne.

Les messages peuvent être destinés à une seule adresse (messages mono-adresse) ou à plusieurs (messages multi-adresses). Ils sont formatés au moyen d'un code détecteur correcteur et utilisent un protocole ARQ/CED à demande automatique de retransmission et correction d'erreur directe.

3 Gestion du réseau

3.1 Initialisation du réseau

L'initialisation du réseau intervient suite au déploiement des stations ACRS. Une fois choisies la station directrice et les stations de gestion des fréquences, la station directrice exécute un processus en trois étapes afin de constituer un réseau de stations synchronisé et «informé» permettant d'acheminer le trafic de messages.

- a) Premièrement, la station directrice appelle les stations désignées en tant que stations de gestion des fréquences sur chacun des canaux techniques, puis évalue les conditions de propagation d'après les réponses reçues.
- b) Deuxièmement, la station directrice procède à un appel nominal de toutes les stations sur un sous-groupe optimisé de cinq canaux techniques.
- c) Troisièmement, la station directrice communique à toutes les stations les données techniques et les signaux de synchronisation temporelle en utilisant à nouveau les cinq canaux techniques susmentionnés.

3.2 Possibilités d'admission tardive

La station directrice fournit régulièrement des données techniques et des signaux de synchronisation de façon à ce que des stations puissent rejoindre le réseau après les autres. Cela peut être le cas d'une station qui a manqué l'initialisation du réseau ou qui a cessé d'être synchronisée avec ce dernier. Les émissions à l'attention des stations qui entrent tardivement dans le réseau ne se distinguent pas de celles qui sont présentées au § 3.1c). La variabilité des conditions de propagation conduira la station directrice à réexaminer la liste des canaux utilisés à l'intérieur de ce sous-ensemble de canaux.

3.3 Mises à jour techniques

Les mises à jour techniques contiennent des informations de gestion des fréquences, une liste des stations actives, une base de temps pour la synchronisation, ainsi que des messages de commande du réseau. Elles sont envoyées toutes les heures par la station directrice à tous les sites, sur une série de cinq canaux d'appel, choisis par la station directrice pour l'heure précédente. Une station qui ne parvient pas à décoder une mise à jour technique peut obtenir les informations requises grâce aux émissions à l'attention des stations tardivement admises (voir le § 3.2).

3.4 Liste des sites (stations) actifs

La station directrice tient à jour une liste des sites qu'elle considère comme actifs au sein du réseau HDRS. Cette liste est actualisée et diffusée toutes les heures, dans le cadre des mises à jour techniques (voir le § 3.3), à tous les sites. Les ajouts s'effectuent automatiquement lors du processus d'initialisation du réseau, et à la réception par la station directrice des appels d'affiliation. Les sites sont maintenus sur la liste, si des présentations d'appel sur le réseau sont entendues accidentellement par la station directrice, lorsque son opérateur a procédé manuellement au retrait de la liste des sites en question, ou lorsqu'ils en ont été retirés automatiquement après un certain délai.

3.5 Synchronisation du réseau

La synchronisation des bases de temps fait partie intégrante des procédures de présentation d'appel et du protocole de message ARQ. Pour pouvoir acheminer le trafic, les stations ACRS doivent veiller à maintenir la synchronisation d'une horloge locale avec la station directrice au moyen des signaux de base de temps contenus dans toutes les mises à jour techniques. Les stations qui perdent leur synchronisme prennent nécessairement le statut de station admise tardivement.

3.6 Surveillance exercée par la station directrice

La station directrice surveille les canaux d'appel et décode toutes les présentations d'appel émises sur le réseau, même si lesdites émissions ne lui sont pas adressées. Cette activité de surveillance a un rôle double, qui consiste d'une part à tenir à jour la liste des stations actives et d'autre part à recueillir des informations sur la charge du réseau à partir des données concernant la longueur des files d'attente de messages aux différents sites du réseau.

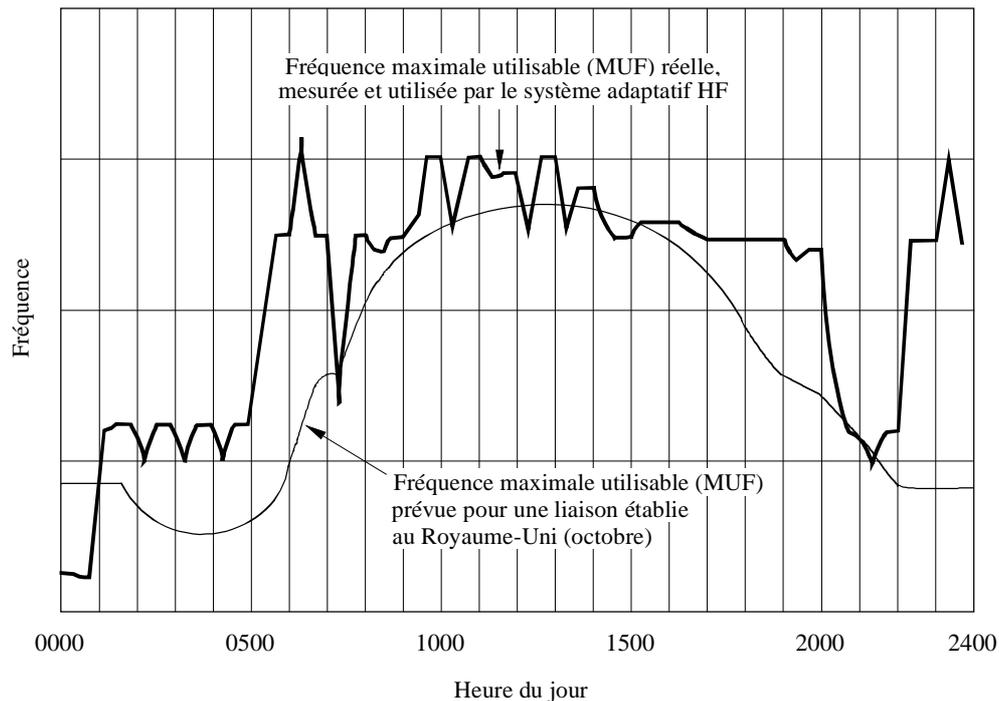
4 Gestion des fréquences du réseau

4.1 Balayage de la station de gestion des fréquences

La station directrice et les stations désignées de gestion des fréquences effectuent un balayage horaire de 60 canaux dans toute la bande des radiofréquences afin d'évaluer l'état présent de l'ionosphère. A cet effet, la station directrice réalise des essais d'émission et les stations de gestion des fréquences envoient des accusés de réception des essais d'émission reçus. La station directrice de secours (première station de gestion des fréquences), appelée à prendre le relais de la station directrice en cas de défaillance de cette dernière, enverra également des essais d'émission si elle ne parvient à recevoir aucun des essais d'émission de la station directrice.

Les résultats du balayage des stations de gestion des fréquences permettent à la station directrice d'évaluer et de communiquer à toutes les stations des facteurs de proportionnalité pour le calcul de la MUF et de la LUF, ainsi que des informations concernant des conditions atmosphériques anormales ou perturbées. La Fig. 11 donne un exemple de balayage sur 24 h des stations de gestion des fréquences. La station directrice utilise également les résultats du balayage des stations de gestion de fréquences afin de choisir pour les heures suivantes le sous-groupe de cinq canaux techniques et le sous-groupe des canaux d'appel, et afin de définir pour l'heure suivante les limites de bande des canaux de trafic. Les données concernant les canaux d'appel et les limites de bande sont communiquées à toutes les stations au cours des mises à jour techniques.

FIGURE 11
Exemple de fonctionnement sur 24 h d'un système de balayage des fréquences



1110-11

4.2 Gestion des caractéristiques niveau/fréquence des liaisons

Une station ACRS qui souhaite envoyer un message doit au préalable suivre une procédure en trois étapes pour choisir un canal d'appel.

- Premièrement, la sélection des canaux de trafic éventuels se fait au moyen d'un algorithme complexe. La longueur du trajet et le type de message à envoyer (message mono-adresse ou message multi-adresses) sont les critères pris en compte par cet algorithme. La priorité est donnée à un canal efficace récemment utilisé pour envoyer un appel (le cas échéant).

- Deuxièmement, une simple vérification du niveau de bruit est effectuée sur les canaux de trafic éventuels retenus. Ceux qui sont apparemment inaccessibles du fait des brouillages dans la même voie (dus pour l'essentiel à d'autres émissions du réseau ACRS) sont éliminés. Fondée uniquement sur la mesure du niveau du signal reçu, cette procédure est qualifiée d'«évaluation passive des canaux de trafic». La sélection des canaux et leur évaluation seront terminées lorsque des canaux suffisamment «calmes» auront été trouvés pour être soumis à un sondage actif.
- Troisièmement, un «sondage actif» est réalisé. Pour établir un appel à message mono-adresse, la station émettrice doit envoyer des messages d'essai sur chacun des cinq canaux de trafic possible sélectionnés tel qu'indiqué ci-dessus. La station de destination répondra sur son canal de trafic préféré et spécifiera ses deuxième et troisième choix. Pour établir un appel à message multi-adresses, la station émettrice envoie des messages d'essai sur les canaux de trafic (quatre au plus) sélectionnés et recueille les réponses des destinataires juste après chaque émission. Dans ce cas, le sondage actif sera terminé lorsqu'un nombre suffisant de réponses aura été reçu pour pouvoir commencer à utiliser le canal de trafic choisi de préférence.

5 Gestion des liaisons

5.1 Messages mono-adresse

La séquence de présentation d'appel à message mono-adresse consiste en une simple procédure de prise de contact entre station émettrice et station de destination sur un canal d'appel. La station émettrice envoie successivement des signaux d'essai sur chacun des canaux d'appel choisis, jusqu'à obtention d'une réponse ou jusqu'à ce que tous les canaux aient été testés. Les émissions sont synchronisées avec les moments d'écoute des stations de destination sur les canaux correspondants.

Les stations souhaitant s'affilier au réseau peuvent communiquer à la station directrice une présentation d'appel à message mono-adresse, comportant une longueur de message nulle. Dans le cas d'un appel à message mono-adresse, la station émettrice envoie de longs paquets de données vers l'avant, tandis que la station de destination renvoie de courts accusés de réception ARQ entre deux paquets vers l'avant. Les accusés de réception peuvent demander la répétition de certains blocs du paquet vers l'avant qui ont constitué des codes de synchronisation permettant de définir conjointement le rythme binaire et le verrouillage de trame.

Des moyens sont prévus de manière à ce que les appels à message mono-adresse puissent modifier les canaux sélectionnés en cas de perte de la liaison. Les deuxième et troisième choix sont modifiés au cours du sondage actif des canaux. Le protocole de transmission de message mono-adresse autorise aussi bien la station émettrice que la station de destination à interrompre un appel pour acheminer un appel de priorité plus élevée ou encore, en ce qui concerne la station directrice ou les stations de gestion des fréquences, pour effectuer des tâches de gestion du réseau ou de gestion des fréquences.

Les appels à message mono-adresse envoyés à des sites occupés ne donnent pas lieu à l'émission d'un accusé de réception. Il existe des dispositifs de rappel automatique permettant à la station de destination de prendre contact avec la station émettrice sur un canal d'appel, dès qu'elle est en mesure d'accepter l'appel.

5.2 Messages multi-adresses

Des essais de présentation d'appel à message multi-adresses sont envoyés sur chaque série de cinq canaux d'appel, avec indication des destinations requises. L'utilisation d'une adresse de groupe permet d'avertir une série de destinations possibles, tandis qu'un secteur de bits de l'essai de présentation d'appel définit le sous-groupe de destinations requis. Après un sondage actif des canaux d'appel, l'appel à message multi-adresses est transmis par sections, une section étant équivalente à quatre paquets de message mono-adresse. A la fin de chaque section, la station émettrice laisse passer une série d'intervalles de temps, de façon à ce que chacune des stations de destination puisse répondre par une demande de répétition automatique. Les demandes de répétition automatique resteront en instance jusqu'à ce que la totalité du message ait été envoyée une fois. Ensuite, les demandes de répétition sont traitées dans des limites bien définies. La plupart des appels à message multi-adresses exigeront plus d'une émission pour parvenir à toutes les destinations, puisque certaines d'entre elles ne seront vraisemblablement pas libres au moment de la première présentation d'appel.

6 Traitement des messages

Toutes les stations ACRS gèreront une liste d'attente d'appels de départ en instance d'émission et d'appels d'arrivée dont l'acceptation n'a pas encore été possible. Ces files d'attente contiennent des informations quant au moment où l'appel de départ doit donner lieu à une présentation et quant au niveau de priorité à lui attribuer. Les présentations infructueuses

d'appel de départ sont replacées dans la file d'attente, avec indication d'un délai de renouvellement de la présentation fixé en fonction du niveau de priorité. Un niveau de priorité allant de un à quatre sera attribué aux appels à message mono-adresse à l'intérieur du réseau. Quant aux appels à messages multi-adresses, différents niveaux de priorité peuvent être appliqués à différents sous-groupes de destinations.

- Dans le premier cas, les appels de départ sont placés dans des files d'attente et classés en fonction de leur niveau de priorité. Si l'un d'eux ne peut être établi lorsque son tour est venu, il est alors placé à nouveau dans la file d'attente pour faire l'objet d'une nouvelle présentation au bout d'un temps déterminé en fonction de son niveau de priorité.
- Les présentations infructueuses d'appel d'arrivée à message mono-adresse sont placées dans une file d'attente de réception pour donner lieu à un rappel automatique, suivant le niveau de priorité.

7 Essais

Les essais du système se sont poursuivis depuis 1988. Une modélisation informatique a confirmé la validité des résultats obtenus pour un nombre restreint de stations (6-20). L'exploitation du système simulé au moyen du modèle, avec des stations en nombre restreint, la comparaison des résultats expérimentaux, puis l'exploitation simulée du système complet, ont permis de vérifier la conformité du système ACRS aux objectifs de réalisation fixés.

ANNEXE 8

Système pour l'établissement automatique de liaisons de radiocommunication en ondes décimétriques*

1 Introduction et aperçu général des systèmes pour l'établissement automatique des liaisons

On a établi, aux Etats-Unis d'Amérique, une série de normes relatives aux radiocommunications en ondes décimétriques qui caractérisent et spécifient des protocoles et des paramètres pour l'établissement automatique des liaisons (EAL), la mise en réseau, la protection des prises de liaisons, les modems de données à grande vitesse et les caractéristiques de base des radiocommunications en ondes décimétriques.

L'EAL est une méthode fiable de radiocommunication à ondes décimétriques, de type adaptatif, qui permet d'établir automatiquement des communications sur des liaisons à ondes décimétriques selon le procédé de la BLU. Avec la méthode EAL, un signal de commande émis par un opérateur ou un ordinateur peut lancer automatiquement des appels en version point à point ou point à multipoint. Il est possible de programmer l'unité d'échange EAL pour qu'elle effectue les opérations suivantes: explorer une ou plusieurs fréquences, choisir la fréquence qui convient le mieux pour l'exploitation et commuter sur la transmission de signaux vocaux ou de données au moment de l'établissement de la liaison. Le système EAL déclenche des appels sur des voies spécialement sélectionnées, qui sont hiérarchisées par un algorithme d'analyse de qualité des liaisons (AQL) soumis à une programmation interne. De cette façon, on a la probabilité maximale de réussite d'établissement des liaisons à la première tentative, sur la base d'évaluations numériques des voies de l'algorithme AQL, ces évaluations ayant fait l'objet d'une mesure préalable et d'un enregistrement dans la mémoire du système. Les identités de la station appelante et de la station appelée sont échangées entre les stations, de même que les indicatifs d'appel afin de pouvoir faire la distinction entre ces deux stations.

Les fonctions facultatives comprennent la: protection des prises de liaison par application de méthodes de sécurité empêchant l'entrée non autorisée dans le réseau; l'émission et la réception de données d'utilisateur; et la reprogrammation en cours de transmission (OTAR: over the air reprogramming).

Les fonctions d'établissement et de gestion des liaisons dans le système EAL sont exécutées grâce à une transmission fiable de l'information de liaison EAL dans des voies à ondes décimétriques établies entre deux stations. Cette grande fiabilité est obtenue par la transmission avec redondance triple des données EAL, l'entrelacement et la correction directe d'erreur par code de Golay.

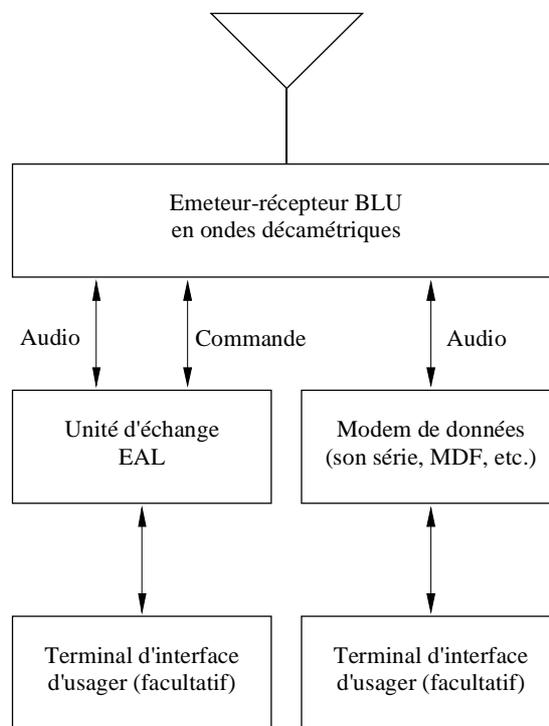
* Pour complément d'information, voir la Norme fédérale américaine 1045A «HF Radio Automatic Link Establishment» (Etablissement automatique de liaisons de radiocommunication en ondes décimétriques).

La Fig. 12 donne le schéma de principe d'un système de radiocommunication en ondes décimétriques de type adaptatif. L'unité d'échange EAL assure l'automatisation du processus de prise de liaison. Elle peut aussi prendre en charge les fonctions de mise en réseau et de protection de la prise de liaison. Une fois la liaison établie, les communications vocales ou de données peuvent commencer par commutation d'un modem de données à grande vitesse dans le circuit.

L'EAL est conçu intrinsèquement avec une structure modulaire; il fait appel à des signaux audio et à des signaux de données série pour réaliser l'interfaçage de l'unité d'échange EAL avec le système de radiocommunication BLU à ondes décimétriques. L'EAL peut être intégré aux systèmes modernes de radiocommunication BLU à ondes décimétriques utilisant les techniques de traitement des signaux numériques (DSP: digital signal processing) et il constituera une partie intégrante de coût modique de ces systèmes, sous la forme d'un module standard ou facultatif. Il peut aussi être ajouté à de nombreux systèmes existants de radiocommunication BLU à ondes décimétriques, soit comme élément autonome, soit comme un ensemble matériel-logiciel compatible avec les ordinateurs personnels.

On dispose également d'outils tels que des signaux d'étalonnage et d'essai sur disques compacts audio, qui permettent le développement et les essais d'interfonctionnement des produits EAL sans le recours à de coûteux simulateurs de canaux.

FIGURE 12
Schéma de principe d'un système de radiocommunication adaptatif en ondes décimétriques



1110-12

2 Transmission et format des mots dans l'EAL

La forme d'onde EAL est conçue pour rester dans les limites de la bande passante audio des équipements de radiocommunication BLU de type courant. Il s'agit d'une MDF octovalente, avec huit tonalités orthogonales. Chaque tonalité, d'une durée de 8 ms, a une fréquence comprise entre 750 et 2500 Hz, avec un espacement de 250 Hz entre les tonalités adjacentes. Chaque tonalité représente 3 bits de données, ce qui donne un débit de données de 375 bit/s pendant la transmission.

Le mot EAL standard se compose de 24 bits, répartis entre un champ de préambule de 3 bits, suivi de trois champs de caractères ASCII de 7 bits chacun. La fonction de chaque mot EAL émis, désignée par le code de préambule, est liée aux fonctionnalités de base. Les types de mot sont au nombre de huit: TO (destination), THIS IS (ceci est), THIS WAS (ceci était), DATA (données), REPEAT (répétition), THRU (transit), COMMAND (commande) et FROM (origine). Selon le type de préambule, chaque champ de caractères ASCII à 7 bits est utilisé pour spécifier un caractère d'adresse individuel, ou comme texte ASCII.

3 Protocoles

3.1 Exploration

Toutes les stations EAL une fois qu'elles sont opérationnelles et si elles ne remplissent pas d'autres fonctions, explorent en permanence un ensemble présélectionné de voies («scan set»); elles captent les appels et se tiennent prêtes à répondre. Le temps d'arrêt minimum sur chaque voie est l'inverse de la vitesse de balayage (analyse) et les voies qui constituent l'ensemble sont analysées en boucle, toujours dans le même ordre. Les récepteurs EAL effectuent cette analyse à raison de 2 ou 5 voies par seconde, ce qui donne un temps d'arrêt de 200 ou 500 ms. Lorsqu'un émetteur désire «accrocher» un récepteur-analysateur, il émet un signal qui sera reconnu par le récepteur. La durée de cet «appel d'analyse» doit être suffisante pour que, si le récepteur recherche effectivement des appels, il tombe sur la voie transmettant l'appel d'analyse avant que l'émetteur cesse de transmettre.

3.2 Appels sélectifs

Dans un système EAL, l'appel sélectif est réalisé par échange de trames EAL entre les stations. Ce mode d'exploitation inclut toutes les fonctions EAL plus évoluées, par exemple l'établissement des liaisons et le transfert des données. La structure générale d'une trame EAL est la suivante: une ou plusieurs adresses de destination, une section message facultative et une fermeture de trame qui contient l'adresse de la station émettrice de la trame.

Le processus EAL de base pour l'établissement d'une liaison entre deux stations se déroule comme suit:

- la station appelante adresse et envoie une trame d'appel à la station appelée;
- si la station appelée «entend» l'appel, elle émet une trame de réponse à destination de la station appelante;
- si la station appelante reçoit la réponse, elle «sait» qu'une liaison bilatérale a été établie avec la station appelée. En revanche, cette dernière ne le sait pas encore, aussi la station appelante envoie-t-elle une trame d'accusé de réception à la station appelée. Au terme de cette prise de contact en trois étapes, une liaison a été établie et les stations peuvent commencer les communications vocales ou de données, ou abandonner la liaison.

3.3 Appels individuels

Les systèmes utilisés pour l'EAL en ondes décimétriques mettent en œuvre une suite de protocole pour la prise de liaison avec une seule voie ou avec plusieurs voies. Toutes les stations EAL, lorsqu'elles ne sont pas engagées dans d'autres fonctions, sont continuellement à l'écoute des appels. Le protocole se compose de trois parties: un appel individuel, une réponse et un accusé de réception.

3.4 Sondage

Un sondage est une diffusion unidirectionnelle de signalisation EAL faite par une station pour aider d'autres stations à mesurer la qualité d'une voie. L'émission n'est pas adressée à une station particulière ou à un groupe de stations, elle transporte simplement l'identification de la station qui envoie le signal de sondage.

3.5 Exploitation avec plusieurs stations

Un appel de réseau est adressé à une adresse unique qui désigne implicitement tous les membres d'un ensemble prédéterminé de stations («réseau»). Toutes les stations faisant partie du réseau qui entendent l'appel de réseau émettent leurs trames de réponse dans des créneaux temporels prédéterminés. Ensuite, la station appelante conclut la procédure de prise de contact en envoyant une trame d'accusé de réception selon la méthode habituelle.

La procédure est la même pour un appel de groupe, à ceci près que l'appel désigne un ensemble arbitraire de stations. Etant donné qu'on n'a pas ici une adresse de réseau prédéterminée, chaque station doit être désignée individuellement. Les stations appelées répondent dans des créneaux temporels; elles déterminent la position de leurs créneaux en inversant l'ordre dans lequel les stations étaient désignées dans l'appel. La station appelante envoie un accusé de réception conformément à la procédure habituelle.

4 Messages de ligne de service

Outre l'établissement automatique des liaisons, les stations EAL sont capables de transférer de l'information dans le champ de ligne de service (ou de message) de la trame. Les messages de ligne de service incluent les modes suivants: affichage automatique des messages (AAM), message texte et données (MTD) et mode bloc de données (MBD). Ces

fonctions permettent aux stations de transmettre de courts messages de ligne de service ou des codes prédéterminés à une ou plusieurs stations spécialement choisies. De cette façon, les opérateurs des stations peuvent émettre et recevoir des messages simples en texte ASCII en n'utilisant que l'équipement des stations EAL.

5 Analyse de la qualité des liaisons

Les systèmes EAL permettent l'échange d'informations fournies par l'AQL entre les stations EAL. Le processus AQL mesure la qualité d'une voie en lui attribuant une note d'évaluation, laquelle englobe trois types d'information relevant de l'analyse de liaison: le TEB; le rapport: (signal + bruit + distorsion)/(bruit + distorsion) (SINAD); et, facultativement, une mesure de trajets multiples. Les notes AQL sont mises en mémoire pour utilisation ultérieure. Les stations EAL sont capables de choisir la voie optimale pour l'établissement d'une communication à destination d'une station donnée, ou pour rechercher une station, en se fondant sur les valeurs AQL en mémoire: la voie bénéficiant de la plus haute note AQL a le plus de probabilité de convenir pour la communication.

Pour obtenir les notes d'évaluation AQL, les systèmes de radiocommunication EAL reçoivent des signaux de sondage d'autres stations; cela donne une note d'évaluation sur le trajet de réception allant de la station de sondage à la station de réception. Une autre méthode consiste à déclencher un sondage bidirectionnel: il s'agit d'un appel autre qu'un appel de prise de liaison, destiné à mesurer et transférer des notes AQL. Les sondages bidirectionnels produisent des notes AQL pour le trajet aller et le trajet retour (par rapport à la station initiatrice de la procédure). Il existe une troisième méthode qui consiste à opérer pendant le processus de prise de liaison.

6 Configurations du réseau

Il est souvent nécessaire de recourir à l'exploitation avec plusieurs stations dans les réseaux à ondes décimétriques, où existent différents types de configurations de réseaux, avec des liaisons, des réseaux et des groupes individuels. La configuration la plus simple est une liaison comprenant seulement deux stations et constituée par un seul trajet entre ces deux stations. Les configurations en réseau en étoile et groupe en étoile sont composées de plusieurs liaisons dans le réseau.

Les systèmes servant à l'EAL de radiocommunication eu ondes décimétriques ont une fonction de commande manuelle d'appoint.

6.1 Réseau en étoile

Un réseau en étoile est un ensemble prédéfini de stations communiquant avec une station centrale unique, dans une configuration point à multipoint. Dans la plupart des cas, la station centrale exerce la fonction de la station de commande qui gère et commande les fonctions du réseau. En général, l'organisation du réseau en étoile nécessite une bonne connaissance préalable des stations qui en font partie, ce qui permet d'optimiser l'exploitation du réseau. On réalise un contact efficace avec les stations multiples en utilisant une seule adresse pour toutes les stations du réseau.

6.2 Groupe en étoile

Un groupe en étoile est un ensemble non prédéfini de stations, dans lequel on connaît peu de choses, voire rien, sur les stations, hormis leur adresse individuelle et leurs fréquences soumises à l'analyse. A l'instar du réseau en étoile, le groupe fonctionne dans une configuration de «une à plusieurs», avec une station de commande. Dans un groupe en étoile, un appel est réalisé à partir d'une séquence des adresses individuelles des stations appelées. Les stations répondent selon des modalités spécifiées par la séquence des adresses d'appel.

7 Adressage

Le système EAL possède une structure d'adressage numérique construite sur le mot normalisé à 24 bits (3 caractères) et le sous-ensemble de base à 38 caractères. Les stations EAL possèdent les moyens nécessaires et la souplesse voulue pour la prise de liaison ou la mise en réseau avec des stations individuelles ou avec des groupes de stations prédéfinis ou définis au coup par coup.

Le système EAL fournit et applique trois jeux hiérarchiques de caractères: le sous-ensemble de base 38, le sous-ensemble élargi 64 et l'ensemble complet 128. Le sous-ensemble de base 38 comprend tous les caractères alphabétiques en capitales (A-Z) et tous les chiffres (0-9), plus des symboles utilitaires et les symboles génériques «@»

et «?». Le sous-ensemble élargi 64 se compose de tous les caractères ASCII, dont les 2 bits de plus fort poids sont 01 ou 10, à quoi s'ajoutent tous les caractères alphabétiques en capitales, tous les chiffres (0-9), les symboles utilitaires «@» et «?» et 26 autres symboles d'usage courant. L'ensemble complet 128 comprend tous les caractères, symboles et fonctions disponibles dans le code ASCII.

7.1 Adresses individuelles des stations

L'élément d'adresse fondamental dans le système EAL est le mot de routage individuel, contenant 3 caractères, qui constitue l'adresse de station individuelle de base. Ce mot d'adresse de base peut être étendu à des mots multiples qui permettent une capacité d'adresses et une souplesse accrues pour l'utilisation entre réseaux et l'utilisation générale. Une adresse qui est attribuée à une station déterminée est appelée adresse «individuelle». Si elle est formée de 3 caractères ou moins, on a la taille «de base»; au-delà de 3 caractères, la taille est dite «élargie». Dans l'adresse individuelle de base, les 3 caractères fournissent une capacité d'adresses de 46 656 en basic-38, avec utilisation des seuls 36 caractères alphanumériques. Les adresses élargies donnent des champs d'adresse de longueur supérieure à 3 caractères, jusqu'à un maximum de 15 caractères pour le système. Cette capacité de 15 caractères permet l'adressage dans le RNIS.

7.2 Adresses de stations multiples

Il est souvent nécessaire, dans les réseaux à ondes décamétriques, de réaliser l'adressage et l'interfonctionnement simultanés (ou quasi simultanés) avec des stations multiples. On appelle «réseau» un ensemble prédéfini de stations ayant une adresse commune, l'«adresse de réseau». On appelle «groupe» un ensemble non prédéfini de stations, c'est-à-dire un ensemble de stations ne possédant pas une adresse commune prédéfinie.

7.2.1 Adresses de réseau

Un réseau étant un ensemble prédéfini de stations, son organisation et sa gestion exigent une bonne connaissance préalable des stations qui le constituent, à savoir leur identité, leurs possibilités, les exigences à satisfaire et, dans la plupart des cas, l'emplacement et les connectivités nécessaires de ces stations. Le but d'un appel de réseau est d'établir rapidement et efficacement un contact avec une multiplicité de stations prédéfinies, par le moyen d'une adresse de réseau unique, celle-ci étant attribuée en commun à toutes les stations membres en plus de leurs adresses individuelles respectives. L'adresse de réseau a une structure identique à celle des adresses individuelles des stations, adresses de base ou élargies si nécessaire. Dans une station membre du réseau, chaque adresse de réseau attribuée est associée à un identificateur de créneau temporel de réponse, pour permettre à chaque station de répondre de façon systématique à l'unité d'échange du réseau.

7.2.2 Adresses de groupe

A la différence d'un réseau, un groupe n'est pas prédéfini. Dans bien des cas, on sait peu de choses, sinon rien, sur les stations, en dehors de leur adresse individuelle et de leurs fréquences analysées. Le mécanisme d'adressage des groupes EAL fournit le moyen de créer un nouveau groupe là où il n'en existait pas. Ce mécanisme utilise un protocole normalisé qui est compatible avec la quasi-totalité des stations automatisées, quelles que soient leurs caractéristiques individuelles, de réseau, et autres. Le but d'un appel de groupe est d'établir rapidement et efficacement un contact avec une multiplicité de stations non prédéfinies, par le moyen d'une combinaison compacte des adresses individuelles de ces stations. Une adresse de groupe est constituée par une séquence des adresses individuelles des stations, selon des modalités fixées par le protocole normalisé applicable.

7.3 Modes d'adressage spéciaux

Les modes d'adressage spéciaux sont Allcalls (Appel à tous), Anycalls (Appels avec réponses non spécifiées), Wildcards (Caractères génériques), Self address (Auto-adresse) et Null adress (adresse nulle). Dans le système EAL, la structure de l'adresse de base repose sur des mots individuels qui fournissent des multiples de trois caractères. La technique du remplissage des caractères d'adresse permet d'accroître notablement le nombre des adresses disponibles dans le système ainsi que la souplesse d'attribution des adresses. Avec cette technique, il est possible d'inclure de façon compatible dans les champs d'adresse du système EAL des longueurs d'adresse qui ne sont pas des multiples de trois caractères: la technique consiste à remplir les positions vides en y incluant le symbole utilitaire «@».

Le mode «Allcall» se présente comme un mode de diffusion générale qui ne demande pas de réponses et ne désigne aucune adresse particulière. Ce mécanisme est mis en œuvre dans les cas d'urgence, pour les échanges de données par diffusion, l'analyse de la propagation et la recherche de connectivité.

Le mode «Anycall» est un mode de diffusion générale qui demande des réponses, mais sans désigner un ou des destinataires particuliers. Il entre en jeu pour les cas d'urgence, pour la reconstitution des systèmes et la création de nouveaux réseaux. Une station EAL peut utiliser Anycall pour obtenir des réponses de stations essentiellement non spécifiées, ce qui lui permet d'identifier de nouvelles stations et de nouvelles connectivités. Le mode Anycall sélectif est

un mode de diffusion sélective ayant la même structure, la même fonction et le même protocole que le mode Anycall global, avec cette différence qu'il spécifie le dernier caractère des adresses du sous-ensemble cible des stations réceptrices (1/36 du total).

Un usager appelant peut utiliser le Wildcard, «?», pour prendre contact avec une multiplicité de stations possédant une seule adresse générique. Les réponses à un appel contenant une adresse avec caractères génériques sont produites dans des créneaux pseudo-aléatoires, afin d'empêcher les collisions.

Pour les essais automatiques, la maintenance et d'autres fonctions, les stations devraient être capables d'utiliser et de répondre à leurs Self addresses.

Pour les essais, la maintenance, les temps de transit et autres, les stations peuvent utiliser une Null address qui n'est destinée à aucune station, n'est acceptée par aucune station et à laquelle aucune station ne répond.

ANNEXE 9

Réseaux de communication adaptatifs en ondes décimétriques avec gestion des fréquences en temps réel, utilisables dans les services fixe et mobile

1 Introduction

On a mis au point, pour les services fixe et mobile, des réseaux adaptatifs de communication vocale et de données en ondes décimétriques avec gestion des fréquences en temps réel. Les premières réalisations s'adressent aux services maritimes mais l'architecture se prête à des applications fixes et mobiles. La technologie de ces réseaux est conçue pour permettre la transmission transparente de messages de type électronique (courrier électronique), de signaux de télécopie et autres signaux de données, au moyen de systèmes de bureau fonctionnant dans les services terrestres; la transmission se fait par l'intermédiaire d'une passerelle de réseau, à destination d'abonnés fixes ou mobiles (à bord de navires) situés n'importe où dans le monde. Les techniques mises en œuvre permettent également le service téléphonique classique.

Cette technologie est, par nature, adaptative, avec accès à un système dynamique de description et de prévision de la propagation qui permet au réseau de remédier à la variabilité du service de communication en ondes décimétriques. Le système de gestion des fréquences tire son information d'un réseau limité d'émetteurs de faible puissance qui rayonnent un signal d'ondes entretenues modulées en fréquence (OEMF); ces émetteurs sont implantés dans des installations fixes (dans les zones côtières) et sont associés à des récepteurs compatibles qui font partie de l'équipement de communication placé dans les locaux de l'abonné (équipement de navire ou équipement fixe). Ces installations d'abonné sont complétées par un certain nombre de récepteurs similaires montés dans des installations fixes asservies au réseau. L'élément d'exploration de ce système de gestion des fréquences est utilisé également pour la gestion du réseau et pour des opérations urgentes de radiomessagerie; à titre d'option, il peut aussi jouer le rôle d'un système fiable de communication de données à faible débit.

2 Concept du réseau et gestion des fréquences

Dans la technologie du réseau adaptatif en ondes décimétriques, on utilise les radiocommunications à ondes décimétriques pour établir des connexions hertziennes avec une multiplicité d'utilisateurs sur des milliers de kilomètres. La gestion traditionnelle de ces réseaux à grande portée est difficile, en raison des variations imprévisibles de la propagation ionosphérique, de ce fait, les méthodes de gestion des fréquences basées en totalité sur des modèles climatologiques médians perdent toute efficacité lorsqu'il s'agit de spécifier des fréquences utiles pour les communications. La gestion d'un réseau adaptatif en ondes décimétriques se fait au moyen de sondes du type OEMF fonctionnant sous incidence oblique. Ces sondes, qui sont utilisées depuis plus de 20 ans par les militaires pour la gestion des fréquences sur les liaisons fixes, sont associées à d'autres ensembles de données d'entrée qui fournissent des informations sur l'état de l'ionosphère; il s'y ajoute un modèle actualisable, par exemple le VOACAP (Voice of America Coverage Analysis Program), pour constituer le système nécessaire de gestion dynamique des fréquences.

Le système avec sondes permet d'évaluer la totalité des bandes d'ondes décimétriques (3-30 MHz), sauf quelques fréquences particulières qui sont bloquées pour éliminer les brouillages préjudiciables pouvant être causés à des systèmes spécialement identifiés. Par ailleurs, le système évalue la qualité des voies dans un ensemble présélectionné de fréquences dont l'usage a été autorisé pour des communications vocales et de données. Cette dualité d'approche, sondage sur toute l'étendue des bandes et évaluation des voies de communication, représente une méthode extrêmement

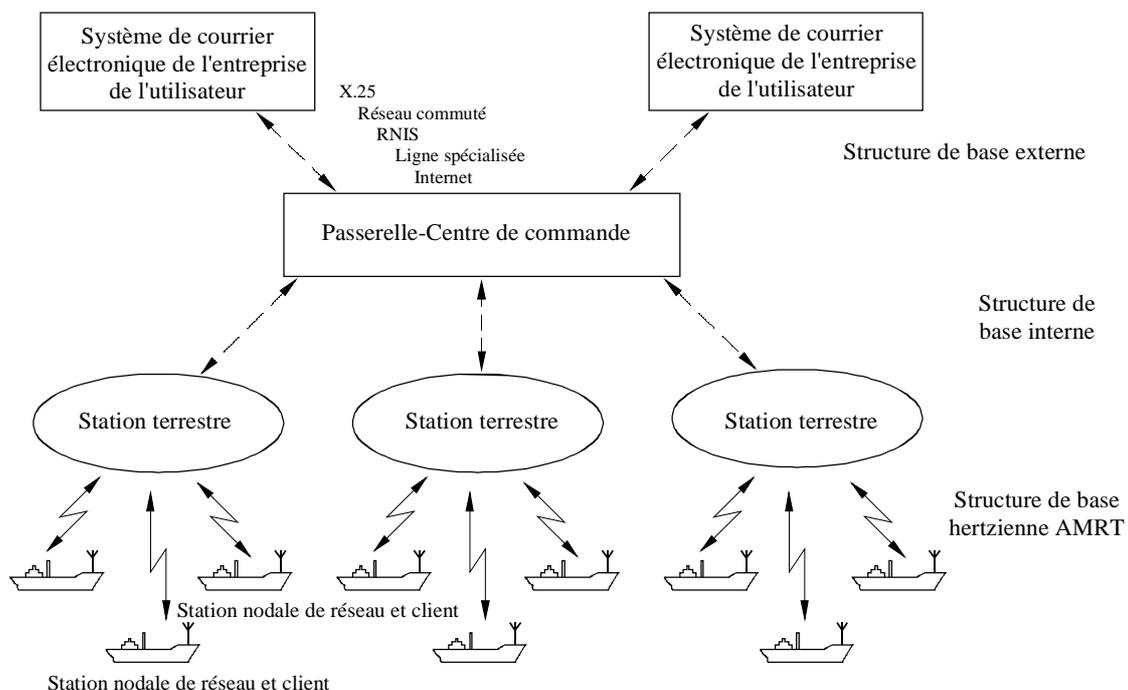
performante pour la description des conditions actuelles et pour la prévision. La prise en compte globale des bandes de fréquences est essentielle pour les prévisions dans le temps et l'extrapolation de l'information de propagation à d'autres sites géographiques, car ces opérations exigent des prévisions ionosphériques de haute précision; or, ces résultats ne peuvent pas être fournis par les seules prévisions, ni par des processus d'évaluation autonomes des voies. La dualité d'approche est une caractéristique spécifique de ce système, qui le distingue des autres systèmes adaptatifs à ondes décimétriques.

Le réseau adaptatif à ondes décimétriques procure les avantages suivants: coût modique, fiabilité, responsabilité financière, facilité de maintenance, courrier électronique en mode transparent, service de télécopie et service téléphonique.

3 Topologie du réseau

Les éléments constitutifs du réseau adaptatif à ondes décimétriques sont les suivants: un site utilisateur central, un site passerelle, des stations terrestres et des stations nodales éloignées (abonnés au réseau). Le site utilisateur central comprend un système de courrier électronique dans les locaux des clients et une passerelle de courrier électronique qui débouche sur le réseau adaptatif à ondes décimétriques. (Le site utilisateur central se présente généralement comme une installation fixe.) Le site passerelle de réseau est une passerelle hertzienne avec des connexions vers des passerelles de courrier électronique et vers les stations terrestres du système. Ces stations ont des connexions vers la passerelle de réseau; elles comportent une unité de commande du réseau à ondes décimétriques et un émetteur de sondage. Les stations nodales éloignées comprennent les éléments suivants: un point nodal du réseau à ondes décimétriques, un récepteur de signaux de sondage, une passerelle de courrier électronique et une installation éloignée de client ou réseau avec possibilités de courrier électronique. (Les stations nodales éloignées d'utilisateur peuvent être fixes ou mobiles, mais l'architecture est compatible avec une architecture mobile maritime.) La Fig. 13 représente la structure du réseau.

FIGURE 13
Topologie du réseau



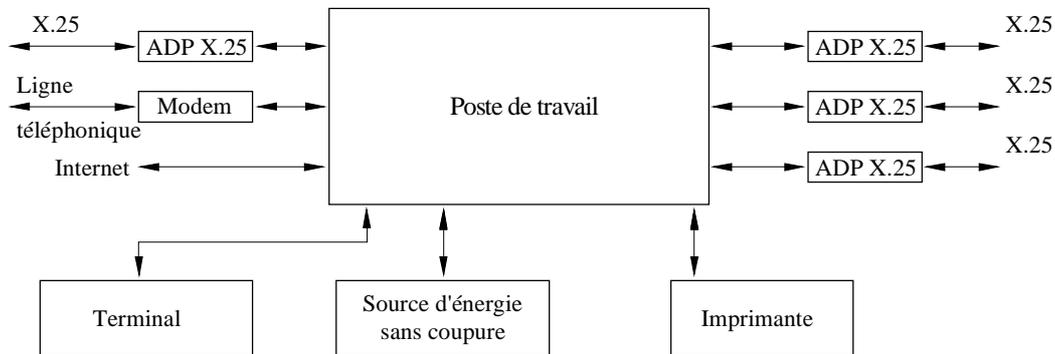
3.1 Installation de l'utilisateur

Le réseau adaptatif à ondes décimétriques comporte une passerelle de courrier électronique sur le site de l'utilisateur, pour transférer ce courrier à la passerelle de réseau. Le fonctionnement de la passerelle est très semblable à celui de la passerelle Internet: les messages sont convertis en un format commun, avec utilisation du protocole de transport TCP/IP (protocole de commande de transmission/protocole Internet). Les formats spécifiques du courrier électronique subissent une conversion au moment de franchir la passerelle du courrier électronique, avant d'atteindre le centre de commande du système. On appelle structure de base externe l'ensemble constitué par le protocole et le type de liaison utilisé pour atteindre la passerelle de réseau. Dans cette structure de base, le protocole SMTP/MIME (protocole de transfert de courrier simple-simple mail transfert protocol/Multipurpose Internet Mail Extensions) donne le format commun du courrier pour l'ensemble du système et le protocole TCP/IP sert au transport sur les réseaux publics (Internet) ou privés (réseau commuté, RNIS, X.25).

3.2 Passerelle de réseau

A l'entrée, tout le courrier adressé est contrôlé pour vérifier le droit d'accès au réseau en ondes décimétriques, d'après l'adresse IP. Une fois qu'il a été accepté par la passerelle du système, le courrier est filtré à l'aide du champ «TO:». Le courrier filtré est sauvegardé dans des créneaux-courrier en fonction de l'information contenue dans le champ «TO:» du message. Chaque utilisateur éloigné du réseau possède un créneau qui lui est propre. On a au minimum deux niveaux de sécurité pour chaque créneau. Les créneaux sont vidés à tour de rôle selon un processus qui met en jeu le protocole TCP/IP pour envoyer des messages aux stations terrestres voulues. Cette partie du réseau porte le nom de structure de base interne. Etant donné qu'il s'agit d'un réseau interne, l'adressage IP est réalisé indépendamment de l'adressage Internet. La Fig. 14 représente la passerelle de réseau.

FIGURE 14
Schéma de principe de la passerelle



ADP: assembleur-désassembleur de paquet

Note 1 - Le poste de travail peut-être une unité UNIX haut de gamme ou un serveur NT. Il est possible de connecter plusieurs postes de travail par l'intermédiaire d'un réseau LAN, pour écouler la charge de trafic et/ou fournir la redondance.

1110-14

Le système de courrier électronique de la passerelle du réseau communication adaptatif en ondes décimétriques possède les fonctions que l'on trouve dans la plupart des formats de courrier électronique spécifiques, à savoir: destination (TO), origine (FROM), joindre fichiers binaires et texte, confirmation de remise et statut de réception. Les fonctions supplémentaires sont la comptabilité, la commande d'accès et l'analyse.

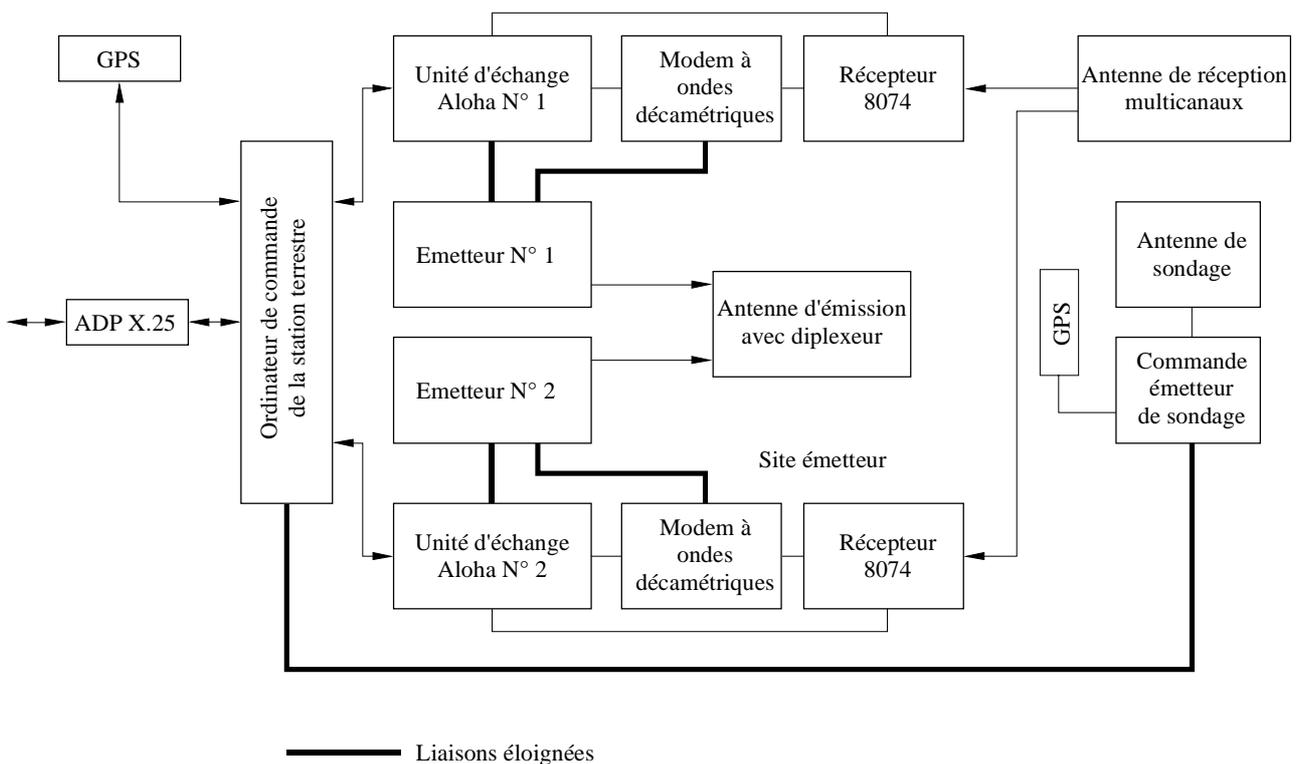
Après sa réception par la station terrestre, le courrier électronique est converti en un protocole Aloha crénelé pour la transmission sur la liaison à ondes décimétriques. Le protocole de cette liaison délivre de façon fiable les paquets TCP/IP au terminal éloigné.

3.3 Station terrestre

La station terrestre constitue le point d'entrée dans la partie hertzienne du réseau, qui utilise les ondes décamétriques pour transférer les données entre la station terrestre et l'unité d'échange éloignée installée à bord des navires. Cette partie du réseau est appelée structure de base à accès multiple par répartition en fréquence (AMRT) parce que les diverses stations terrestres font usage d'un protocole Aloha crénelé. La couche physique du protocole AMRT comprend un modem à ondes décamétriques fonctionnant aux débits binaires 150, 300, 600, 1 200 et 1 800 bit/s, selon la qualité des signaux. La station terrestre est représentée à la Fig. 15.

Chaque station terrestre peut fonctionner sur plusieurs fréquences (c'est-à-dire en utilisant la technique AMRF), un protocole AMRT étant appliqué sur chaque fréquence. Par ailleurs, chacune de ces stations est dotée d'un émetteur de sondage par ondes entretenues modulées par une fréquence variable (OEMFV).

FIGURE 15
Configuration d'une station terrestre



GPS: système mondial de radiorepérage.

Note 1 - La station terrestre est conçue pour fonctionner avec un maximum de quatre fréquences, mais deux fréquences peuvent être utilisées dans une configuration provisoire. La station est du type à site divisé, avec utilisation de plusieurs unités d'échange Aloha pour permettre le fonctionnement multifréquence. Il existe une unité d'échange générale qui coordonne toutes les fonctions, y compris les émissions de sondage à modulation de fréquence. Toutes les unités d'échange fonctionnent sur une plate-forme équipée d'un ordinateur personnel.

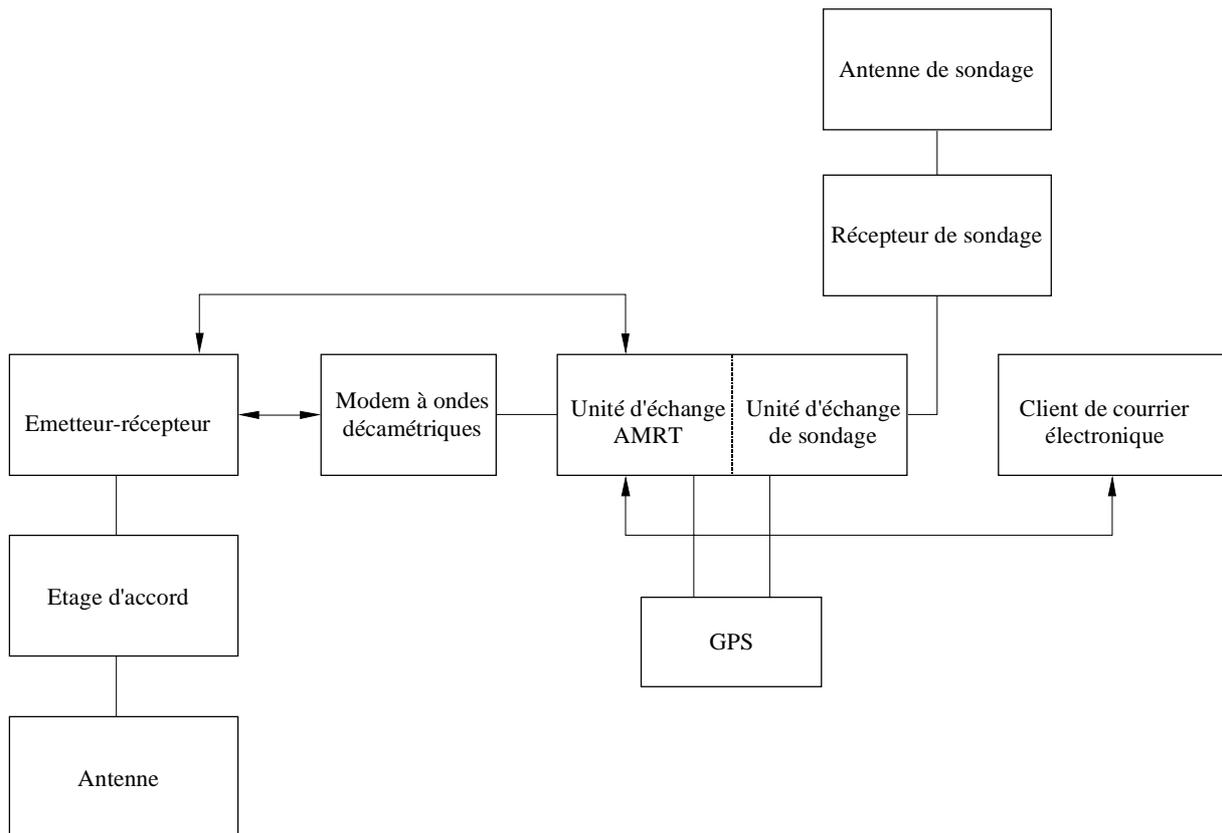
3.4 Stations nodales éloignées

Chaque station nodale éloignée (qui peut être fixe ou mobile) est dotée d'un récepteur de sondage OEMFV, qui reçoit les signaux faible puissance en provenance d'un maximum de quatre stations terrestres. Cette configuration permet l'emploi de la réception en diversité, si nécessaire. En fonction de la qualité du signal à modulation de fréquence variable reçu, l'unité d'échange du système choisit la meilleure fréquence (dans une liste de voies à ondes décimétriques du service maritime) pour la connexion au réseau. Si la «meilleure» fréquence de propagation n'est pas utilisée activement par les stations terrestres, le terminal éloigné essaie de se connecter sur la «meilleure» fréquence utilisée par l'une quelconque des stations terrestres surveillées. Pendant la procédure de connexion, la station nodale éloignée communique ses meilleures fréquences de propagation à la station terrestre. Sur la base de cette information de propagation, les stations terrestres gèrent leurs assignations de voies de manière à réaliser des communications fiables en ondes décimétriques avec les terminaux éloignés.

La Fig. 16 représente le schéma de principe d'une station nodale éloignée. La fonction de cette station est d'agir comme une passerelle pour le système éloigné de courrier électronique à destination du réseau. Dans l'exécution de cette fonction, elle applique le protocole AMRT utilisé dans la radiocommunication en ondes décimétriques et elle prend en charge le fonctionnement de l'installation de sondage à OEMFV qui fait partie intégrante du sous-système de gestion des fréquences. La station nodale effectue aussi la connexion avec le système de courrier électronique de l'utilisateur.

Le logiciel de l'utilisateur (interface de programme d'application (API) de courrier électronique) peut être aussi simple qu'un progiciel tournant sur le même ordinateur comme logiciel de la station nodale éloignée, ou peut résider dans un ordinateur distinct. Le serveur de courrier du système gère plusieurs ordinateurs qui agissent comme des clients; il s'agit d'une unité autonome ou configurée comme un Intranet.

FIGURE 16
Schéma d'une station nodale éloignée



Note 1 - Le terminal éloigné comprend un châssis divisé en deux ordinateurs personnels indépendants. L'un de ceux-ci déroule le protocole Aloha, l'autre commande l'unité d'échange de sondage. L'unité d'échange Aloha et l'unité d'échange du récepteur de sondage ont besoin l'une et l'autre du système GPS, qui constituera une ressource partagée globale.

4 Services vocaux, télécopie et télex

Des services additionnels, par exemple des services vocaux, peuvent être mis en œuvre pour des abonnés fixes et mobiles; par exemple, le réseau peut écouler du trafic dans les sens navire-côte et côte-navire pour des plates-formes mobiles dans l'environnement maritime. Dans le premier cas, les communications vocales navire-côte peuvent être déclenchées par un processus dans lequel l'utilisateur final appelle un opérateur situé dans la passerelle du système, pour lui demander d'établir une communication avec un client donné. Si le navire est connecté au réseau de données, l'opérateur de la passerelle envoie un message de courrier électronique à la station de navire, lui demandant de mettre en route la procédure pour un appel vocal. Dans cette procédure, l'unité d'échange de communications du navire demande à sa station terrestre de lui accorder l'utilisation exclusive d'une fréquence. Une fois que cette demande a été acceptée par l'unité d'échange, celle-ci appelle automatiquement l'opérateur pour établir un circuit téléphonique de la station terrestre vers la passerelle. En même temps, la station terrestre envoie au navire un message indiquant à celle-ci qu'elle a accès à une fréquence de voie téléphonique, et elle raccorde l'installation audio du navire au circuit vocal qui aboutit à la passerelle. Lorsque l'opérateur reçoit le message vocal en provenance du navire, il effectue la connexion finale en appelant l'utilisateur à terre qui a demandé le service vocal et il le raccorde à la liaison vocale avec le navire. Une fois le combiné raccroché à bord du navire, l'unité d'échange du navire se reconnecte au réseau de données, ce qui libère la fréquence pour le service de données ou le service vocal.

Les communications navire-côte sont établies de la même manière. Le navire demande l'utilisation exclusive de la fréquence et communique le numéro qu'il veut appeler. Le numéro peut être composé, par un opérateur situé dans la passerelle ou, depuis la station terrestre. Dans un cas comme dans l'autre, la composition du numéro a lieu une fois que la station terrestre a accordé l'utilisation exclusive de la fréquence. La communication vocale se termine de la même manière que pour un appel côte-navire.

La procédure est à peu près la même dans le cas d'un réseau fixe d'abonnés. Les services de télécopie et de télex sont mis en œuvre par une passerelle dans la station passerelle du réseau.
