

## RAPPORT UIT-R F.2062

**Systèmes numériques améliorés de radiocommunication en ondes  
décamétriques pouvant assurer des applications améliorées**

(2005)

**1 Introduction**

De par leurs caractéristiques spécifiques, les systèmes numériques de radiocommunication HF font des ondes décamétriques une solution viable pour de nombreuses applications. On distingue pour ces systèmes numériques HF trois applications types: la messagerie (courrier électronique), les applications Internet interactives et les transferts de fichiers lourds. On peut utiliser des radios logicielles (SDR) pour transmettre des données dans certaines de ces applications.

En cas de mise hors service ou de surcharge d'un réseau de télécommunication classique suite à une catastrophe naturelle (par exemple, tremblement de terre), et dans d'autres situations d'urgence, un système numérique HF faisant intervenir des stations fixes portatives et des stations mobiles peut être mis en place très rapidement pour établir les liaisons d'urgence requises dès le début de l'alerte ou pendant la coordination des opérations de secours.

**2 Messagerie électronique**

Les systèmes et réseaux de messagerie électronique fonctionnant en ondes décamétriques offrent une solution de radiocommunication extrêmement souple à une large gamme d'utilisateurs dans le domaine de la protection civile et des opérations humanitaires. Avec de tels systèmes, on peut aussi mettre en place des équipements de radiocommunication peu onéreux et fiables dans des zones isolées où la population est très dispersée.

**2.1 Caractéristiques de fonctionnement**

Mis à part les caractéristiques propres aux systèmes à ondes décamétriques, ces systèmes de messagerie électronique présentent deux avantages:

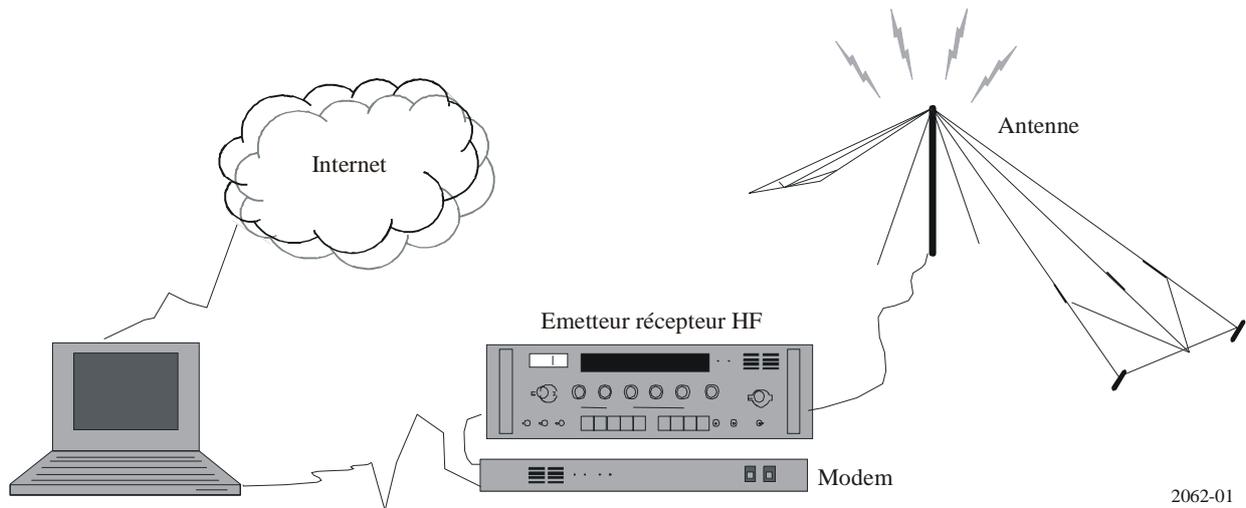
- *Facilité d'utilisation:* L'équipement nécessaire se résumant à un ordinateur portable et à un émetteur récepteur HF à fonctions adaptatives, la présence d'opérateurs radio spécialisés n'est pas nécessaire. Lorsque l'équipement a été configuré, un non-technicien peut envoyer des messages électroniques sans l'aide d'un opérateur radio qualifié.
- *Souplesse:* Un système de messagerie électronique HF permet de disposer d'une connectivité Internet fiable répondant aux besoins de communication de notre époque.

Les systèmes de messagerie électronique fonctionnent généralement en mode enregistrement et retransmission: le système remet les messages à leurs destinataires, mais ces derniers n'en attendent pas la transmission instantanée. Cette caractéristique de mise en mémoire et de retransmission ultérieure rend le système particulièrement adapté aux applications HF, dans lesquels la stabilité des conditions ionosphériques entraîne des ruptures de liaison occasionnelles.

## 2.2 Description générale

Les lignes qui suivent décrivent la configuration générale d'un système de messagerie électronique HF type. Au sol, le point d'accès (Fig. 1) est une passerelle Internet (divers types de connexions Internet sont envisageables: réseau local, accès au câble par numérotation, satellite, ligne d'abonné numérique). Le site distant (Fig. 2) peut être l'image exacte du point d'accès au sol, à l'exception de la connexion Internet, absente en l'occurrence.

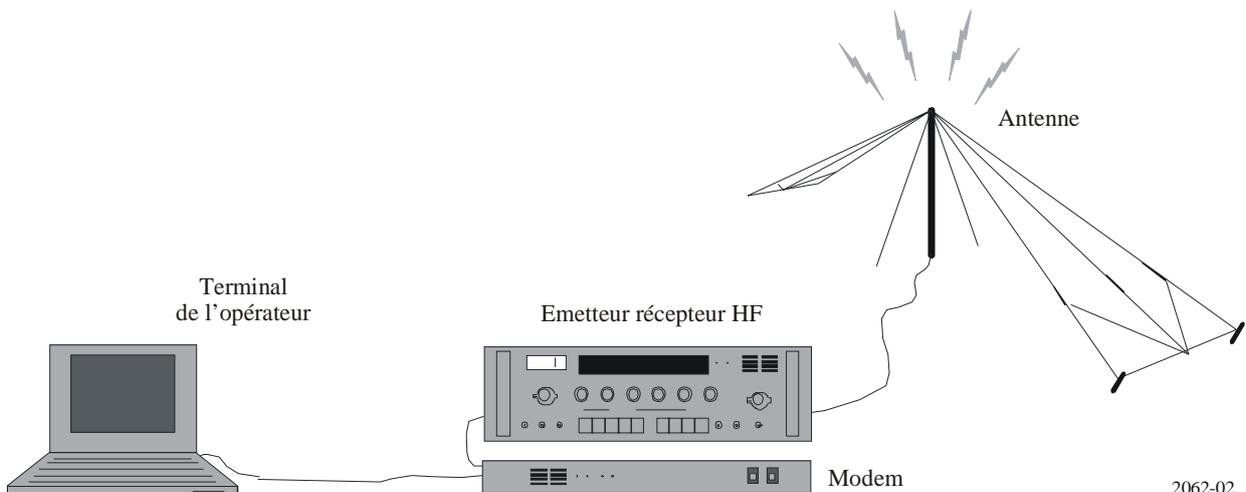
FIGURE 1  
Configuration d'accès



2062-01

La passerelle d'accès a pour fonction essentielle d'assurer la connectivité directe avec Internet et de relier le réseau filaire au réseau radioélectrique. En dehors de cette spécificité, le site d'accès et le site distant peuvent être dotés d'équipements similaires.

FIGURE 2  
Configuration du site distant



2062-02

Les réseaux de messagerie électronique qui fonctionnent en ondes décamétriques comportent souvent un grand nombre de points d'accès répartis dans une région ou même dans le monde entier. Tous les points d'accès sont interconnectés via Internet aux serveurs centraux du système de messagerie. Les utilisateurs distants établissent une liaison HF avec un point d'accès de leur choix pour envoyer et recevoir leurs messages. Les systèmes de messagerie électronique HF utilisent souvent, dans la section hertzienne, des protocoles spécialisés.

### **3 Applications Internet/Intranet interactives**

A l'inverse de la messagerie électronique, les autres types d'applications Internet et Intranet sont interactifs: les utilisateurs attendent des réponses rapides à leurs interventions (saisie au clavier, clics de souris). Citons, pour exemple de ce type d'applications, la navigation sur le web, l'ouverture de sessions à distance et la messagerie instantanée (que l'on appelle parfois «tchat en HF»).

#### **3.1 Caractéristiques de fonctionnement**

Les protocoles d'interface utilisés, tout comme les architectures de réseau qui sous-tendent les applications Internet, sont variables. Dans certains cas, la section à ondes décamétriques assure un dernier bond radioélectrique de l'Internet filaire aux utilisateurs distants, fixes ou mobiles. Dans d'autres cas, des réseaux multinoeuds à ondes décamétriques constituent les réseaux hertziens locaux ou de zone étendue (WLAN et HF-WAN) qui assurent la connexion du ou des routeurs à l'Internet filaire, mais ces infrastructures peuvent aussi être indépendantes.

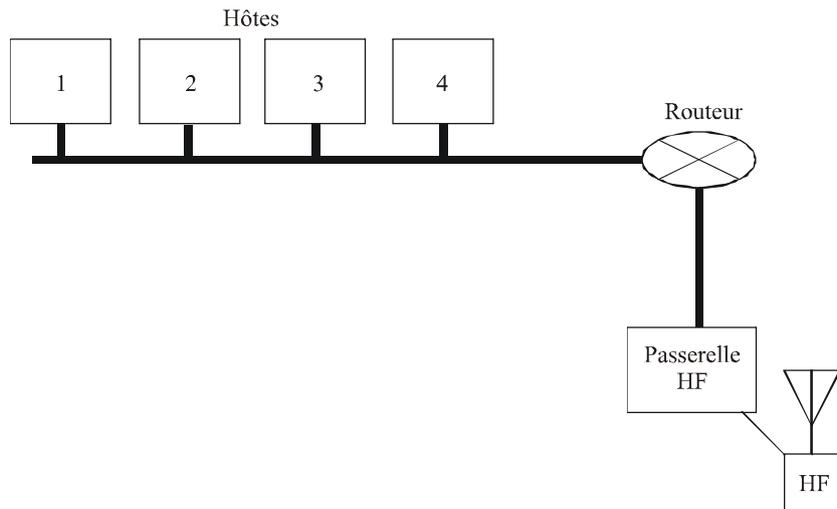
Les systèmes de radiocommunication HF sont généralement utilisés pour étendre les communications hertziennes au-delà de la ligne de visibilité directe. Mais, malgré cette portée importante, il faut parfois prévoir un routage indirect, même dans des réseaux HF. Par ailleurs, une infrastructure de radiocommunication HF peut servir à interconnecter des sous-réseaux filaires dans diverses applications de systèmes d'urgence.

#### **3.2 Description générale**

La Fig. 3 schématise une configuration réseau local, routeur et noeud HF.

FIGURE 3

Schéma d'un réseau local HF



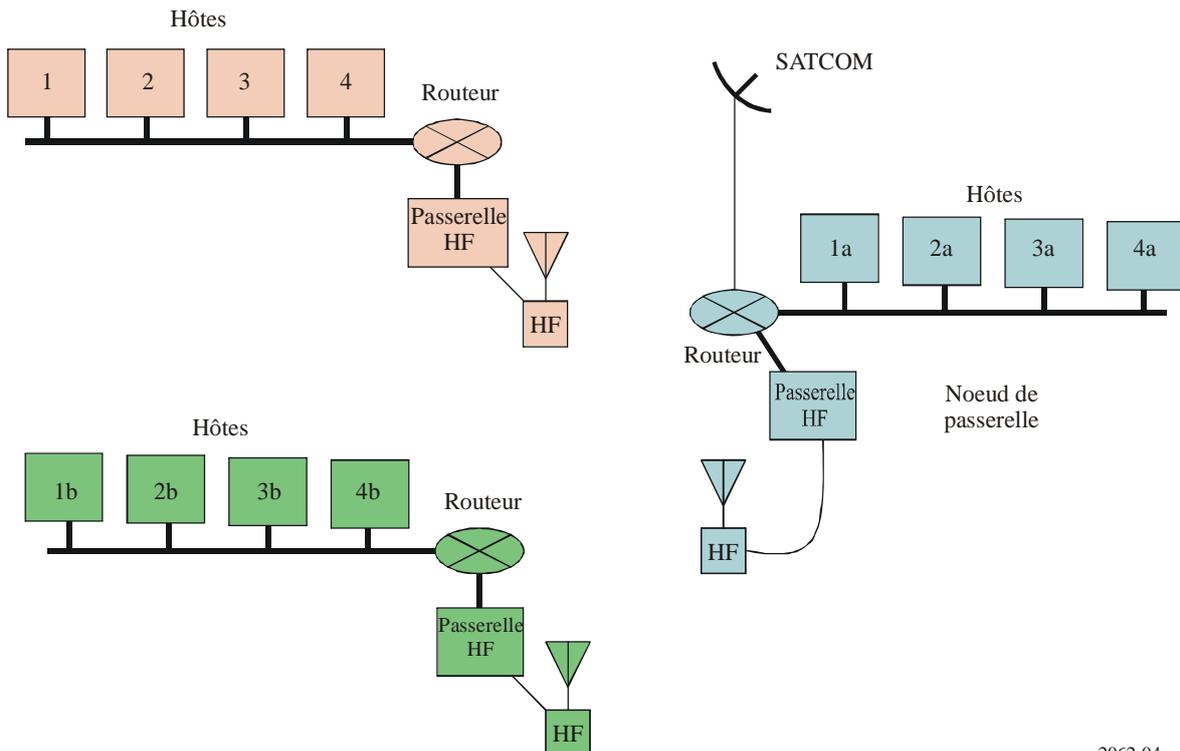
HF LAN Réseau local HF (réseau local fonctionnant en ondes décamétriques)

2062-03

La Fig. 4 représente trois noeuds interconnectés par des liaisons radio HF, constituant un réseau de zone étendue fonctionnant en HF. Chaque noeud est doté de sous-réseaux IP. Les adresses des sous-réseaux peuvent avoir été attribuées indépendamment, et rien ne garantit l'existence d'un préfixe commun à ces adresses. Il convient de noter que le noeud comportant 6.x sous-réseaux dispose aussi d'une connexion par satellite avec Internet (SATCOM); le port routeur du sous-réseau SATCOM a pour adresse IP l'adresse 12.23.

FIGURE 4

Schéma de réseau HF de zone étendue



2062-04

## 4 Transfert de fichiers

En raison de la largeur de bande limitée des liaisons radio HF, il faut tenir compte de la capacité du système dans tout transfert de fichiers qui occupe une liaison pendant une période prolongée. Les transferts fréquents de quelques centaines de kilooctets sur liaison HF sont faciles, mais les transferts de fichiers de plusieurs mégaoctets sur liaison HF sont plus rares en raison de cette limitation de la largeur de bande.

### 4.1 Caractéristiques de fonctionnement

Comme partout ailleurs sur Internet, le système le plus communément utilisé pour le transfert de fichiers (de quelques centaines de kilooctets) sur liaison radio HF est le système des pièces annexées à des courriers électroniques. Dans certaines applications, l'échange de fichiers plus lourds se fait directement sur la liaison HF (par exemple, dans les applications d'imagerie en temps quasi réel ou d'actualisation de bases de données).

### 4.2 Description générale

Le transfert de fichiers (de plusieurs centaines de kilooctets) impose des valeurs de débit aussi élevées que possible, de sorte que l'on utilise normalement des modems données HF.

- Les réseaux non adaptatifs se calent souvent sur un débit fixe pouvant être assuré sans ajustement pendant toute la journée, souvent 6 400 bit/s par canal de 3 kHz dans les applications à onde de surface. Lorsque l'on utilise des radios à double bande latérale indépendante, on obtient donc 12 800 bit/s sur le canal résultant de 6 kHz.
- En revanche, les systèmes adaptatifs adaptent le débit de canal en continu, selon la capacité du canal. Pour les liaisons ionosphériques longue distance, le débit pouvant être obtenu sur 3 kHz est généralement compris entre 2 400 et 4 800 bit/s. Sur des canaux «moins exigeants», on utilise des débits qui peuvent atteindre 9 600 bit/s sur 3 kHz.

## 5 Téléphonie numérique

La téléphonie numérique offre, par rapport à la téléphonie analogique, deux avantages fondamentaux, à savoir une meilleure intelligibilité en présence de perturbations modérées sur le canal et la possibilité de crypter le flux de données pour des raisons de confidentialité.

### 5.1 Caractéristiques de fonctionnement

La téléphonie numérique diffère des applications «données» considérées aux paragraphes précédents en ce sens qu'elle tolère les erreurs mais ne tolère pas les retards de propagation. En conséquence, les erreurs ne sont pas corrigées au niveau de la retransmission: la correction est assurée par un code de correction d'erreur en aval performant.

### 5.2 Description générale

La technologie de téléphonie numérique, par exemple de type MELP (prédiction linéaire à excitation par séquences), assure un bon compromis entre la qualité vocale et le débit de données. Les systèmes de téléphonie les plus récents offrent une qualité vocale excellente à 2 400 bps, mais peuvent encore fonctionner, au prix d'une qualité vocale réduite, à 1 200 et même à 600 bit/s.

## 6 Radios logicielles

L'évolution des protocoles d'interface, qui ne résident plus au niveau de la couche physique mais au niveau des couches transport et session, est finalement une tendance qui complète la tendance à localiser directement au niveau de l'interface réseau les fonctions de liaison de données et de couche physique des radios logicielles (SDR, *software defined radios*). En fait, les modems HF à grand débit et d'autres équipements de couche physique/liaison de données sont déjà prévus comme futures fonctionnalités des radios SDR.

Pour que la stratégie de transition technique soit efficace, il y a lieu d'étudier soigneusement les spécifications techniques requises par un environnement de normes ouvertes. Le système doit optimiser le niveau de capacité offert à l'utilisateur tout en définissant l'activité de la couche liaison et les hiérarchies décisionnelles au niveau du réseau.

### 6.1 Caractéristiques de fonctionnement

Les équipements SDR, qui assurent le trafic données par paquets entre réseaux locaux et réseaux de zone étendue, ont ainsi une fonction effective de support de transport, mais n'interviennent que très peu, ou pas du tout, au niveau de la couche session ou de la couche présentation dans la commande des flux et la corrélation des adresses IT.

### 6.2 Description générale

Dans notre secteur, la mise au point des applications HF améliorées se fait normalement par une mise à jour des microprogrammes ou des logiciels précédemment utilisés. Les logiciels des équipements SDR peuvent prendre en compte ces mises à jour de la technologie HF.

Certains concepteurs de systèmes SDR ont entrepris de normaliser les interfaces de programme d'application définies parallèlement à l'élaboration des matériels et des techniques hertziennes. En dernier ressort, cette normalisation a pour objet d'optimiser la portabilité et l'actualisation des applications techniques indépendamment des équipements SDR considérés. Pour parvenir à cet objectif, il faut séparer le domaine radioélectrique du domaine non hertzien. Une application radioélectrique doit s'articuler sur des spécifications purement radioélectriques, tandis qu'au niveau du service, l'infrastructure logicielle doit séparer les fonctions logicielles des fonctions matérielles. Lorsque cette séparation est assurée, le concepteur d'applications radioélectriques peut utiliser des interfaces prédéfinies pour accéder aux fonctions des équipements SDR de son choix. Du fait que les services requis par l'application sont activés au niveau de l'équipement SDR, le potentiel de portabilité de l'application est optimisé.

---