

**PROCEDE ET SYSTEME DE COMMUNICATION UTILISANT DES
SCHEMAS DE MODULATION ET DE CODAGE DYNAMIQUES SUR DES
CANAUX DE COMMUNICATION HF LARGE BANDE**

5 L'objet de la présente invention concerne un procédé et un système permettant d'employer dynamiquement des schémas de modulation et de codage différents sur n voies ou canaux distincts d'un système de communication haute fréquence (HF) large bande.

10 Dans la présente description les mots voie ou canal sont employés indifféremment pour désigner un canal de propagation et de transmission des données. Ces canaux pourront être cumulés pour réaliser une communication large bande.

15 Les liaisons HF offrent notamment une capacité hors de la ligne de vue ou BLOS qui permet de réaliser des communications à longue, voire très longue distance, sans nécessiter le recours à un satellite.

20 Le contexte technique de la présente invention se rapporte plus particulièrement à l'utilisation de liens HF à haut débit (par exemple des débits $>19,2\text{kb/s}$) tels que traités dans la demande de brevet déposée par le Demandeur sous le N° FR 10/04650 qui propose de considérer l'emploi d'une pluralité n de canaux ou voies classiques d'une largeur typique de 3 KHz de bande passante.

25 La capacité de communication à longue distance (en BLOS) des liens HF repose sur la réflexion des ondes HF (qui vont typiquement de 2 à 30MHz) sur les couches de l'ionosphère, couches dont les qualités ne sont pas stables dans le temps et l'espace, ce qui conduit à de fortes variations du canal de propagation. A cette instabilité du canal vient s'ajouter également la présence toujours possible de différents brouilleurs intentionnels ou non, en particulier la nuit où la partie passante du spectre
30 HF est moins grande.

Malgré son instabilité, ce canal présente l'intérêt de transmettre des communications à longue distance sans qu'il soit nécessaire de déployer au préalable une infrastructure compliquée ou coûteuse, à la différence des communications par satellite par exemple. Considérant également sa
5 meilleure furtivité, ceci explique pourquoi les professionnels cherchent à augmenter les débits offerts sur les liens HF. Une solution a été proposée dans la demande de brevet précitée pour considérer l'emploi d'une pluralité n de canaux de 3KHz contigus ou non afin d'aller au-delà et d'offrir des débits utiles plus importants aux utilisateurs de la bande HF.

10 Les schémas de modulation et codage employés dans certains standards sont de type modulation mono-porteuse avec un schéma de modulation et codage reposant sur une constellation donnée, par exemple la modulation PSK (phase shift keying) ou QAM (Quadrature Amplitude Modulation) et un code correcteur donné, par exemple un code convolutif
15 poinçonné ou non, définissant un débit utile. Dans le cas de l'extension avec bande latérale inférieure ou BLI, deux voies partagent la même modulation numérique, avec répartition bit pair, bit impair sur l'une ou l'autre voie, et donc le même débit utile, le code correcteur étant commun.

Il apparaît ainsi que lorsqu'il existe une pluralité de canaux
20 disponibles et passants répartis dans une bande relativement large, par exemple de 200KHz, et que l'on réalise une émission large bande permettant d'atteindre de hauts débits, supérieurs à 32 kb/s, les différentes voies réparties sur cette large bande pourront ne pas voir les mêmes imperfections du canal de propagation. Typiquement les évanouissements plus connus
25 sous le terme anglo-saxon de fading seront différents, et les brouillages intentionnels ou non différeront.

L'emploi d'un unique schéma de modulation et codage, i.e, une même constellation et un code correcteur identique ou partagé, ne permettra pas d'adapter au mieux des capacités du canal de transmission. Pour réussir
30 à transmettre sur une voie connaissant un fort évanouissement, une solution

consiste à diminuer le débit utile sur l'ensemble des voies, y compris celles qui ne présentent pas d'évanouissements forts.

De plus, la généralisation d'une approche telle que celle retenue en BLI ne permet donc pas de lutter efficacement contre la perte d'une voie.

- 5 En effet, en BLI, la brusque dégradation d'une voie amène au repli vers une communication en mode avec une seule bande utile (dit mode bande latérale supérieure BLU), ce qui pose le problème d'une forte diminution du débit.

Les solutions existantes de l'art antérieur ou leur déclinaison immédiate au cas n voies sont de deux types résumées ci-après.

- 10 Une première solution schématisée à la figure 1 dans le cas où l'on considère l'emploi de deux canaux simultanément, consiste à traiter séparément les bandes, chacune se voyant typiquement pourvue d'un modem dédié implémentant le standard 3kHz ou 6kHz actuel, avec un passage au traitement large bande uniquement au niveau de la radio, par
- 15 sommation des différentes porteuses. Les bits impairs seront traités via le canal Ch_1 , chaîne 101, et les bits pairs via le canal Ch_0 , chaîne 102. De même en réception, deux voies de traitement 103 et 104 seront utilisées pour traiter les bits de données paires et impaires. Ce type de solution ne permettra pas d'avoir un gain en diversité puisque chaque voie sera de fait
- 20 traitée séparément. Dans le cas où une seule voie est considérée, avec une approche de type mono-porteuse, un unique schéma de modulation et de codage est employé, et c'est une gestion de type prise de liaison/maintien de liaison (ALE/ALM) qui peut introduire un caractère dynamique. La forme d'onde considérée est généralement autobaud, ce qui signifie que la forme
- 25 d'onde inclut une capacité de transmission spécifique, communément appelé champ autobaud décodable et démodulable à part, qui indique le schéma de modulation et codage employé pour la suite de la trame (ou jusqu'au prochain champ autobaud), le changement des débits étant télécommandé par les couches supérieures, typiquement par un contrôleur ARQ.

Dans la suite de la description la chaîne de traitement étant connue de l'Homme du métier, les désignations sur les figures représenteront :

au niveau de la chaîne d'émission dans les figures 1, 2 et 3 FEC :

- 5 le code correcteur d'erreur, I : l'entrelacement, SYM : la formation de symboles, FR : l'étape de mise en trame, M : l'étape de modulation ; l'étape SC sur le schéma pour brouillage ou scrambling.

au niveau de la chaîne de réception dans les figures 1, 2 et 3 : g(t)

- le filtrage, SYN : la synchronisation, BDFE : l'étape d'égalisation des trames,
10 SYNP : la prédiction de la synchronisation, DI : le désentrelacement, D : le décodage des données.

Ce premier type de solution (avec un traitement codage et modulation séparé voie par voie) ne permet pas de tirer pleinement avantage du fait d'utiliser des voies parallèles, car une telle approche n'amène aucun gain en diversité. C'est d'ailleurs une des raisons pour lesquelles la solution BLI, jumelant deux canaux, telle que proposée dans le standard MIL118-110B connu de l'Homme du métier, introduit une diversité de codage en mettant en commun l'étage de codage correcteur d'erreur et d'entrelacement. Cependant, cette solution n'assure pas la capacité à
20 fonctionner facilement avec une voie bouchée (c'est-à-dire qui n'est pas passante, soit du fait de la propagation elle-même, soit parce que le canal est occupé par un brouilleur intentionnel ou non) lorsque les informations d'entrelacement, de débit, ..., voire de nombre de voies sont variables puisque ces informations nécessaires pour décoder correctement la trame sont partagées entre les différentes voies. Faute de signalisation adéquate
25 (typiquement pour savoir ce qui a été perdu), on est ainsi amené dans le cas (classique) où deux voies sont employées à perdre les données transmises sur les deux canaux lorsque l'un est bouché puisque l'approche standard utilise les deux voies de manière couplée, en utilisant les champs autobaud
30 des deux voies pour définir le même et unique schéma de modulation et

codage à employer sur ces deux voies (les bits pairs allant sur le canal 0, les bits impairs sur le canal 1).

Une deuxième solution, schématisée par la figure 2, consiste à étendre le principe de la BLI en mettant en commun à plusieurs voies Chi, au niveau des chaînes de traitement 201, 202, le code correcteur FEC 205 et l'entrelaceur 206, afin d'offrir un gain en diversité de codage, et en utilisant les mêmes paramètres de modulation sur les différentes voies modem, avant la transposition en fréquence 209 et également la sommation 210 des différentes porteuses dans la radio large bande. Comme susmentionné, cette solution ne permettra pas une adaptation aux différences de conditions de propagation de chacun des canaux considérés. A la réception, on retrouvera la mise en commun pour toutes les voies Ch du désentrelaceur 207 et du décodage 208. Ce second type de solution (extension de la solution BLI) qui consiste à utiliser sur chacune des voies la même modulation tout en partageant le code correcteur et l'entrelaceur, permettra donc de gagner en diversité de codage, contrairement à la première solution mais en revanche rendra le système sensible à la perte d'une des voies, comme dans la solution BLI à deux voies jumelées. En effet, comme dans la solution BLI on s'aperçoit que le partage des informations d'autobaud sur les différentes voies (en BLI le canal 0 transmet l'information de débit, et le canal 1 transmet l'entrelaceur utilisé), qui sont les informations permettant au démodulateur de savoir le mode employé, risque d'entraîner l'impossibilité d'exploiter les différentes voies dès lors que l'une d'entre elle est totalement perdue, par exemple en cas de brouillage. Ce point qui était déjà un problème en mode BLI, et ayant de ce fait conduit à la mise en place d'un mécanisme de retour au cas monovoie BLU en cas de problème, devient problématique dans un contexte où l'on passe à n voies, puisque la probabilité d'avoir un canal bouché augmente fortement. Un tel mécanisme deviendrait donc a priori très instable et peu efficace.

Aucune des deux approches exposées ci-avant ne permet d'utiliser efficacement les n voies en parallèle, et de combiner au moins les

différents avantages suivants : amélioration de la transmission grâce à la diversité de codage, protection minimale des informations d'autobaud contre le risque de canaux bouchés, capacité d'avoir des débits différents sur les différentes voies, en fonction de la qualité du canal de propagation

5 considéré.

Le document de M. Jorgenson et al. intitulé « Meeting military requirements for increased data rates at HF », MILCOM 2000, 21st Century Military communications Conference Proceedings 22-25 octobre 2000, PISCATAWAY, N.J, USA, IEEE, XP010532080 divulgue l'utilisation de

10 modulations indépendantes sur plusieurs (n) canaux dans un même système, avec les mêmes paramètres de modulations pour chaque canal, et un code de correction commun à tous les canaux.

Le document de S. Trinder et al. ayant pour titre « Optimisation of the stanag 5066 ARQ Protocol to support high data rate HF

15 communications », MILCOM 2001, Proceedings. Communications for Network-Centric Operations: creating the information Force. XP010579059 divulgue un système dans lequel l'ajout de redondance permet d'optimiser le succès de la réception des informations.

Un des problèmes posé est donc de disposer pour une même

20 communication, d'une transmission efficace sur n voies en parallèle, chacune de ces voies voyant un canal de propagation potentiellement différent, et ceci tout en s'assurant que la perte de l'une des voies ou de plusieurs de ces voies ne détruit pas l'ensemble de la communication.

Pour résoudre au moins ce problème, le procédé selon l'invention

25 repose notamment sur la mise en œuvre d'un protocole de choix dynamique des schémas de modulation et de codage (MCS) indépendamment voie par voie dans un contexte de transmission multifréquences adapté au médium HF.

L'objet de la présente invention concerne un procédé de

30 communication dans un système de communication haute fréquence HF large bande comprenant un émetteur d'un signal HF et un récepteur, au

moins n canaux ch_n de communication, un code correcteur d'erreur FEC et un entrelaceur communs aux n canaux, un moyen permettant de déterminer la qualité Q_n de communication offerte par chacun des n canaux ch_n , les données étant transmises sous la forme de trame comprenant un préambule de synchronisation initiale et un autobaud standard suivi d'un bloc de données caractérisé en ce qu'il comporte au moins les étapes suivantes, réalisées afin de permettre l'emploi de n canaux en parallèle, partageant un même codeur et un même entrelaceur pour bénéficier d'une protection par diversité fréquentielle, tout en permettant l'usage de modulations différentes sur les n canaux et offrant une redondance sur les informations de codage, entrelacement, modulation par canal, nombre de canaux :

- une étape où l'on introduit dans la structure de la trame des données du signal HF transmis, un d'extension d'autobaud après l'autobaud standard, ledit préambule d'extension comporte au moins les informations suivantes:
 - une information sur la modulation employée sur chacun des n canaux $ch_1, \dots, ch_n$,
 - une information sur l'entrelaceur considéré commun aux n canaux,
 - le code correcteur FEC employé, commun aux n canaux,
 - le nombre de canaux employés (n), ainsi que pour chacun son identifiant $id_1, \dots, id_n$ permettant de les ordonner,
- une étape de choix de la modulation sur un canal n en fonction de la qualité de liaison dudit canal,
- une opération commune de codage et d'entrelacement sur les n canaux,
- la transmission des informations introduites dans l'autobaud partagé au niveau du récepteur.

Le procédé comporte, par exemple, une étape où l'on insère le préambule d'extension d'autobaud après un autobaud standard lui-même inséré régulièrement dans la trame de données.

Ladite trame comprend, par exemple, une première partie standard composée de deux tribits suivis d'une mini-probe et d'une seconde partie constituée de n tribits suivi d'une mini-probe, avec, par exemple, n égal à quatre tribits.

5 L'information sur la modulation employée est, par exemple, une information de débit.

Un canal de propagation ch_k peut porter l'information de débit des canaux de communication ch_k et $ch_{k+1}[n]$.

Le choix de la modulation utilisée sur un canal se fait, par
10 exemple, en prenant en compte la qualité Q_n du canal de communication ch_n .

La qualité de liaison d'un canal de communication est, par exemple, estimée en exécutant au moins l'une des étapes suivantes:

- une mesure de puissance du signal reçu, en l'absence de communication, dans chaque canal considéré par le système,
- 15 • l'attribution d'une note de qualité à chacun desdits canaux en comparant la valeur mesurée de la puissance à une ou plusieurs valeurs de seuils,
- la sélection des n canaux présentant les valeurs de note les plus élevées.

20 La largeur d'un canal peut être de 3 kHz ou, plus généralement de t kHz, t étant nombre réel donné.

Selon une variante de mise en œuvre, la structure de trame est définie dans la norme ST4539 ou de la MIL 188-110B et le procédé utilise la valeur '111' du premier tribit de l'autobaud pour signaler au récepteur le
25 fonctionnement en autobaud étendu et au cours du procédé 4 tribits supplémentaires sont définis, soit 8 symboles pour former un autobaud de 137 symboles et constituer ainsi l'autobaud étendu, lesdits tribits étant protégés par un code correcteur.

Il est possible d'utiliser différentes modulations, éventuellement
30 codées, sur les différents canaux considérés.

L'invention concerne aussi un système de communication en bande haute fréquence large bande comportant au moins un émetteur HF et au moins un récepteur HF adaptés à émettre et recevoir un signal de forme d'onde HF caractérisé en ce que:

- 5 • ledit récepteur HF comporte des moyens pour déterminer n canaux fréquentiels, sur lesquels il va transmettre un signal HF,
- ledit récepteur comporte des moyens pour évaluer la qualité Q_n de transmission d'un canal.
- ledit émetteur HF comporte en outre des moyens permettant de
10 générer un autobaud étendu et partagé comprenant au moins les informations suivantes:
 - o une information sur la modulation employée sur chacun des n
 canaux $ch_1, \dots, ch_n$,
 - o une information sur l'entrelaceur considéré, commun aux n
15 canaux,
 - o le code correcteur FEC employé, commun aux n canaux,
 - o le nombre de canaux employés (n), ainsi que pour chacun son
 identifiant id_n permettant de les ordonner,
- le système comprenant une voie de retour permettant de remonter
20 l'information sur la qualité du canal vers l'émetteur HF.

Il est également possible de disposer d'un moyen de mesurer la qualité des canaux de communications au niveau de l'émetteur, afin de choisir comme canaux préférés ceux qui sont de bonne qualité pour l'émetteur et le récepteur. Du côté émetteur, cette mesure pourra se faire par
25 une mesure puissance du signal reçu au niveau de l'émetteur, en l'absence de communication, dans chaque canal considéré par le système ou dans le cas où le système fonctionne en mode duplex, par utilisation des niveaux de qualité mesurés lorsque l'émetteur était en mode réception. Dans le cas d'une utilisation en half duplex comme souvent en HF, il est possible de
30 reprandre les informations présentes en réception pour les utiliser aussi en émission.

D'autres caractéristiques et avantages du dispositif selon l'invention apparaîtront mieux à la lecture de la description qui suit d'un exemple de réalisation donné à titre illustratif et nullement limitatif annexé

5 des figures qui représentent :

- la figure 1, un exemple d'architecture d'un système pour l'émission et la réception selon l'art antérieur,
- la figure 2, un deuxième exemple de réalisation de l'art antérieur,
- la figure 3, un exemple de solution mettant en œuvre le procédé selon
10 l'invention comprenant n voies avec des schémas de modulation et codage différents et indépendants,
- les figures 4A et 4B, une structure de trame selon l'art antérieur et une structure de trame intégrant le procédé selon l'invention, et
- la figure 5, un exemple de composition des champs de l'autobaud
15 pour deux modes bas débits.

La méthode et le système proposés dans la présente invention s'appuient sur l'hypothèse que l'on dispose d'un ensemble de n canaux de type classique en HF, par exemple des canaux de 3KHz (pouvant être
20 contigus ou non) et d'une voie de retour capable d'informer le système de la qualité Q du canal de propagation pour chacun des canaux.

Ces conditions sont remplies, par exemple, si l'on suit l'approche décrite dans la proposition d'invention Thales intitulée «Procédé et système de communications adaptatives en bande HF», déposée sous le numéro
25 FR10/04650. Le procédé décrit dans cette demande de brevet permet, notamment, de sélectionner dynamiquement, un ensemble de bandes de fréquences en fonction de la qualité, à un instant donné, de la transmission sur ces bandes de fréquences. Les bandes ne sont pas forcément contigües mais prises dans l'ensemble des fréquences allouées à un utilisateur. Toute
30 autre méthode permettant de disposer de n canaux peut aussi être utilisée. Afin d'obtenir une information sur la qualité Q du canal de propagation, il est

par exemple possible d'utiliser la technique décrite dans la demande de brevet précitée. Ainsi, il est possible d'obtenir des informations de qualité correspondant à une puissance de bruit ou à un rapport signal/bruit qui est transmis par le récepteur à l'émetteur, à partir de mesures réalisées en

5 réception, soit sur le rapport signal-à-bruit estimé par exemple sur des symboles pilotes de la trame reçue, soit pour les canaux où il n'y a pas de trafic, par intégration du bruit sur la sous-bande considérée. En pratique, ces valeurs mesurées seront converties en une valeur discrète prise dans un ensemble prédéfini S de valeurs qualifiant la liaison. Par exemple, la

10 puissance du signal reçu est mesurée, en l'absence de transmission dans chaque canal. Cette mesure est effectuée par le récepteur avec un convertisseur analogique-numérique de dynamique et de valeur de saturation connues, non représenté, car ne faisant pas partie de l'objet de la présente invention. La note de qualité de la transmission peut également

15 prendre en compte une valeur de puissance moyenne du signal au cours d'une période de temps passée. Cette puissance moyenne est exploitable uniquement si sa mesure est réalisée sur une période de temps pour laquelle les conditions d'émission et de réception sont comparables avec celles observées pour la mesure de la puissance instantanée du signal. Il est aussi

20 possible de pondérer la mesure de la puissance instantanée du signal, par des allocations préférentielles à différents services. Par exemple, si l'on dispose de fréquences attribuées en propre et d'autres en accès partagé, on pourra favoriser l'utilisation des fréquences en propre. On pourra enfin, dans le cas où l'on dispose également d'un moyen de mesurer la qualité des

25 canaux de communications au niveau de l'émetteur, prendre en compte les mesures de qualité au niveau de l'émetteur, pour favoriser les canaux qui sont également les meilleurs au niveau de l'émetteur. Ceci a notamment un intérêt lorsque le système est opéré en half-duplex, c'est-à-dire que la liaison est utilisée alternativement en émission/réception entre deux sites, puis en

30 réception/émission entre ces deux mêmes sites.

Une fois la qualité de la transmission dans chaque canal établie, le procédé va fixer une ou plusieurs valeurs seuil de comparaison à cette note de qualité au-delà de laquelle le canal est considéré comme perturbé et donc non disponible.

- 5 L'exemple qui va être donné afin d'illustrer les caractéristiques techniques mises en œuvre par l'invention concerne deux standards existants pour les communications HF, à savoir la norme Stanag 4539 et la norme MIL STD 110-118B.

La mise en œuvre de la présente invention permet notamment
10 d'obtenir une interopérabilité complète avec les équipements en bande étroite existants dans un mode de fonctionnement BLU ou BLI. Le format de trame sera conservé et la compatibilité avec les champs auto-bauds existant sera respectée.

La figure 3 schématise un exemple de système de communication
15 selon l'invention comprenant :

Au niveau de la partie émetteur 300, les données binaires de l'utilisateur {0, 1} passent en premier dans un module de correction 301 FEC, puis dans un entrelaceur 302 avant d'être démultiplexées 303. Les données démultiplexées sont ensuite transmises sur n canaux en parallèle. Les n
20 canaux ou n voies $ch_1 \dots ch_n$ sont, par exemple, des canaux de largeur de 3KHz pouvant être contigus ou non.

Les données après traitement dans la chaîne d'émission 304 comprenant des moyens connus de l'Homme du métier, par exemple, un moyen de formation de symbole, des moyens d'échantillonnage, suivis de
25 moyens de modulation vont ensuite être transposées en fréquence, la fréquence de transposition T_{fn} étant associée à un canal ch_n , puis vont être sommées 305. La somme résultante va être transmise et il va y avoir propagation 306 du signal par le canal de transmission avant réception sur la partie récepteur 320.

30 Au niveau de la partie récepteur 320, le signal reçu est dans un premier temps transposé T'_{fi} en fréquence ce qui permet une séparation des

données sur les n canaux ch_n , puis les données sont transmises dans une chaîne de traitement 307 qui traite les données sur n voies en parallèle avant de les réassembler au niveau d'un tampon parallèle série 308, puis de transmettre l'ensemble à un désentrelaceur 309 symétrique de l'entrelaceur de la partie émetteur. Après désentrelacement les données sont transmises à un module de décodage correcteur 310 qui fournit des données binaires. Les données binaires ainsi reçues sont ensuite remises au récepteur 311.

Le système comporte aussi une voie de retour 312 et un moyen 313 permettent de déterminer la qualité Q_i d'un canal de propagation pour les différents canaux ch_i possibles pour la transmission. La voie de retour retransmet la qualité Q de chacun des n canaux de propagation ch_n vers l'émetteur.

Le principe même de la séparation en n voies ou canaux qui sont soumis à des canaux de propagation différents et indépendants, entraîne la possibilité d'observer des débits différents et indépendants sur les n canaux, ces débits n'étant donc pas égaux ou fixes.

Sous l'hypothèse précitée de la présence de n canaux et de la qualité Q des n canaux de propagation, le procédé se propose dans l'exemple donné par la suite de garantir la protection de l'autobaud en cas de perte d'une voie, pour éviter de générer une redondance trop coûteuse.

En employant, comme illustré par la figure 3 des modulations indépendantes 304mn sur les n voies (304m1 pour le canal $ch_1, \dots, 304mn$ pour le canal ch_n), mais en partageant l'étage de codage correcteur 301 et d'entrelacement 302, le procédé introduit de la diversité de codage, qui permettra de mieux résister aux imperfections du canal (erreurs, pertes, brouillages intentionnels ou non), et également permettra d'adapter au mieux la résistance et l'efficacité de la modulation employée à la qualité de chacune des voies utilisées pour la transmission.

L'exemple donné à titre illustratif est restreint à une application d'un unique code correcteur commun aux différentes voies pour garantir la diversité de codage. Sans sortir du cadre de l'invention, il est toutefois

envisageable de prendre en compte différents codes correcteurs comme il sera exposé plus loin dans la description.

L'une des caractéristiques techniques utilisée par le procédé selon l'invention est la présence d'un d'autobaud étendu au niveau de la trame des données, avec capacité de redondance, qui permettra d'offrir la signalisation
5 nécessaire : c'est grâce à cet autobaud étendu que l'on saura reconstituer la correctement les informations manquantes en cas de perte des éléments d'une voie, les données correspondantes non reçues étant alors entrées comme effacées en amont du désentrelaceur 309, pour être désentrelacées
10 puis décodées par le code correcteur qui, dans les limites de son pouvoir de correction, pourra décoder correctement le signal reçu. Ceci impose donc que dans l'autobaud étendu les informations listées ci-après soient transmises de manière redondante :

- une information sur la modulation sur chaque voie ou canal ch_n ,
15 l'information pouvant être par exemple, le débit employé,
- l'entrelaceur considéré, commun aux n canaux,
- le code correcteur employé, commun aux n canaux,
- le nombre de voies ou canaux employés (n), ainsi que pour chacun son identifiant idn permettant de les ordonner.

20 L'introduction de plus d'informations dans l'autobaud se fait, par exemple, en introduisant une extension dans l'autobaud existant, tel qu'il est représenté aux figures 4A, 4B.

Ainsi formée, la trame offre donc les caractéristiques suivantes :

- elle est reconnue par un poste selon l'état de l'art comme une trame
25 standard qu'il n'est pas capable de décoder. Le poste standard continuera donc à scanner le flux à la recherche d'une solution décodable sans risque de passage en erreur,
- elle est reconnue comme une trame d'un format étendu pour les postes intégrant la capacité, avec indication des choix faits en terme de modulation
30 par canal, entrelacement et type de code correcteur pour la trame, ainsi que

de nombre de canaux considérés, ainsi que de la numérotation de ces canaux.

Avec une telle information, un poste intégrant la nouvelle capacité est capable de décoder des canaux avec des modulations différentes sur les
5 différents canaux, sait s'adapter à la volée à une modification des modulations employées sur tout ou partie des canaux, sait s'adapter à la volée à une réduction du nombre de canaux ou à une modification de l'ordre des canaux.

A titre d'exemple donné de manière non limitative, dans le cadre
10 de la compatibilité recherchée avec la norme ST4539/MIL 188-110B, pour les débits supérieurs à 3200 b/s, la valeur '111' du premier tritbit (ensemble de trois bits) va être utilisée afin de signaler au récepteur ou à l'émetteur du système, le passage du fonctionnement en mode autobaud étendu. En conséquence, un poste émetteur-récepteur standard détectera un mode
15 inconnu et cherchera à se synchroniser sur le préambule suivant, alors qu'un poste large bande saura qu'il lui faut passer en mode étendu et donc interpréter le champ autobaud étendu.

La figure 4A schématise le format d'une structure de trame 400 dans le format compatible de la norme ST4539/MIL 188-110B.

20 La trame comprend une première partie 401a, 401b qui correspond respectivement à un préambule de synchronisation initiale et un autobaud standard, par exemple de 287 symboles, suivi d'un bloc de données 402 de 256 symboles, d'une mini-probe 403 de 31 symboles et d'un autobaud standard 404 inséré régulièrement dans la trame de 103 symboles.

25 La figure 4B schématise un exemple d'extension d'autobaud selon l'invention qui consiste, par exemple, à insérer un préambule 405, dans cet exemple constitué de 157 symboles, le préambule 405 étant inséré, par exemple, dans la partie au niveau du préambule de synchronisation (401a, 401b). La trame ainsi étendue garde le format classique. Selon une autre
30 variante de réalisation, le préambule 405 constituant l'extension d'autobaud peut être inséré après l'autobaud standard 404.

L'autobaud étendu selon la présente invention est découpé en deux parties, la première conformément aux standards actuels comporte, par exemple, deux tribits suivis de leur mini-probe, ce qui assure qu'il puisse être démodulé par les systèmes classiques, suivi par une seconde partie
5 constituée de n tribits, suivie d'une mini-probe, avec par exemple n égal à quatre nouveaux tribits. Cette seconde partie est démodulée par l'égaliseur BDFE classique s'appuyant sur l'introduction d'une mini-probe finale identique à celle de l'autobaud classique (31 symboles). Le passage en mode étendu est signalé dans cet exemple par le premier tribit positionné à
10 la valeur "111" dans l'autobaud standard.

Ainsi, un poste compatible de l'extension de l'autobaud, lorsqu'il reçoit un signal va chercher la suite de l'autobaud et l'interpréter. Un poste standard non équipé pour reconnaître l'autobaud étendu, détectera un mode inconnu pour lui et cherchera à accrocher le prochain préambule
15 régulièrement inséré qu'il saura reconnaître.

La figure 5, représente un mode de réalisation du procédé selon l'invention compatible des standards précités actuels:

Le procédé va donc émettre sur chaque voie ou canal ch_n :

- la modulation (homogène à l'information de débit dans les standards
20 actuels), ainsi qu'une seconde information de modulation, correspondant à celle employée sur une autre voie. Afin de pouvoir fournir au moins 10 valeurs de modulations, cette information est codée sur 4 bits : $d_0 d_1 d_2 d_3$ pour la modulation de la voie, et $d_4 d_5 d_6 d_7$ pour la modulation de la seconde voie (répétition de l'information
25 initiale transmise sur la voie en question).
- l'identifiant du canal considéré, codé sur 3 bits : $n_0 n_1 n_2$,

Le procédé dispose également des informations suivantes redondées par exemple au moins une fois sur l'ensemble des n canaux :

- l'entrelaceur utilisé, qu'il s'agisse des entrelaceurs des
30 standards susmentionnés ou de nouveaux entrelaceurs

obtenus par exemple en utilisant des méthodes connues de l'Homme du métier,

- le code correcteur employé, FEC, qu'il s'agisse des codes correcteurs des standards susmentionnés ou de nouveaux codeurs obtenus par exemple en utilisant des méthodes connues de l'Homme du métier
- la valeur du nombre total de canaux (n) utilisés pour transmettre le signal.

Pour ces trois informations, une manière de procéder consiste à utiliser 4 bits : $i_0 i_1 i_2 i_3$ et à alterner une fois sur trois, pour la transmission des informations d'entrelaceur, de valeur de n , et de code FEC, c'est-à-dire :

Si canal $ch_k=0[3]$, $i_0 i_1 i_2 i_3 \rightarrow$ nombre de canaux utilisés (n)

Si canal $ch_k=1[3]$, $i_0 i_1 i_2 \rightarrow$ entrelaceur considéré

Si canal $ch_k=2[3]$, $i_0 i_1 i_2 \rightarrow$ code correcteur considéré

En ce qui concerne la duplication des informations de débit, il est possible, par exemple, de faire porter par le canal c_k l'information de débit des canaux ch_k et $ch_{k+1}[n]$.

Ceci amène donc au format d'autobaud suivant :

$d_0 d_1 d_2 d_3 + n_0 n_1 n_2 i_0 i_1 i_2 i_3 d_4 d_5 d_6 d_7$,

c'est-à-dire à la définition de 4 tribits supplémentaires (soit 8 symboles D3, D4, D5, D6, D7, D8 protégés par le code de Barker connu de l'Homme du métier par exemple), pour former un autobaud étendu de taille $1+8*13+1+31=137$ symboles.

Ceci conduit aux nouvelles modulations présentées dans les tableaux ci-après, à titre d'exemple :

Modulation	4bits mapping
illégal	0000
illégal	0001
réservé	0010
réservé	0011
BPSK	0100
QPSK	0101
8-PSK	0110
illégal	0111
illégal	1000
16-QAM	1001
32-QAM	1010
64-QAM	1011
128-QAM	1100
256-QAM	1101
illégal	1110
illégal	1111

Canal considéré	3 bits mapping
1	000
2	001
3	010
4	011
5	100
6	101
7	110
8	111

Nombre de canaux	4 bits mapping
illégal	0000
illégal	0001
1	0010
2	0011
3	0100
4	0101
5	0110
6	0111
7	1000
8	1001
réservé	1010
réservé	1011
réservé	1100
réservé	1101
illégal	1110
illégal	1111

entrelaceur	3 bits mapping
illégal	000
1 trame (US)	001
3 trames (VS)	010
9 trames (S)	011
18 trames (M)	100
36 trames (L)	101
72 trames (VL)	110
illégal	111

FEC	3 bits mapping
illégal	000
CC ½ perforé : $R=\frac{3}{4}$	001
CC ½ non perforé	010
réservé	011
réservé	100
réservé	101
réservé	110
illégal	111

On notera que certaines valeurs dans les tables fournies sont déclarées illégales pour éviter tout risque de confusion avec le motif mini-probe, de la même façon que certaines valeurs sont interdites dans le standard de référence pour les tribits de définition de l'entrelaceur en mode BLU. D'autres valeurs sont ici présentées comme réservées pour des attributions à définir en fonction des besoins.

Selon le procédé, du fait de la possibilité offerte de changer de code correcteur d'erreur FEC, et de ne pas utiliser par exemple uniquement le code convolutif ½ poinçonné à un rendement $\frac{3}{4}$ dans la version BLI, il est donc effectivement proposé de véhiculer l'information de modulation utilisée sur les voies, au lieu du débit utile traditionnellement transmis dans l'autobaud étendu. Cette modulation pourra de plus en effet éventuellement être codée, ce qui signifie qu'elle peut avoir une capacité de répétition ou de codage pour renforcer sa résistance, ou pourra simplement être employée avec le code correcteur FEC commun, de rendement égale ou différent du rendement standard BLI.

L'exemple explicité ci-dessus peut sans sortir du cadre de l'invention être mis en œuvre dans tout système de communication possédant plusieurs voies, n canaux, un moyen permettant de connaître la qualité des canaux de communication, et une structure de trame comprenant

un ensemble de bits non utilisés afin d'introduire au moins les informations suivantes:

- Le débit employé sur chaque canal $ch_1, \dots, ch_n$,
- L'entrelaceur considéré, commun aux n canaux,
- 5 • Le code correcteur employé, commun aux n canaux,
- Le nombre de canaux employés (n), ainsi que pour chacun son identifiant $id_1, \dots, id_n$ permettant de les ordonner.

De manière plus générale, la mise en œuvre du procédé selon l'invention s'adresse à une structure de trame composée d'une première partie 401 =
10 401a, 401b comprenant des informations de synchronisation et d'autobaud, suivie d'un bloc de données 402, puis d'une partie 403 comprenant le code correcteur d'erreur.

L'autobaud étendu consiste à introduire au niveau de la partie 401a, 401b comprenant des informations de synchronisation, un ensemble
15 d'informations 405 correspondant à un nombre de symboles, cette seconde partie étant démodulée par l'égaliseur BDFE classique s'appuyant sur l'introduction d'une mini-probe finale identique à celle de l'autobaud classique (31 symboles). L'autobaud étendu selon la présente invention peut être vu comme un autobaud standard et une extension 405.

20 L'invention présente notamment les avantages suivants. Elle permet de gérer indépendamment les différentes voies et ainsi d'améliorer la probabilité d'avoir adapté la modulation et le codage aux conditions du canal de propagation. Ceci permet d'obtenir une portée et une probabilité d'établissement de la communication souhaitées selon le système de
25 communication.

La proposition d'autobaud étendu selon l'invention permet donc de ne pas perturber les postes actuels, mais également d'introduire une capacité de redondance pour permettre le décodage avec succès de la trame même en cas de perte d'un canal (ou de plusieurs non contigus), mais
30 aussi de permettre un emploi de modulations différentes selon les canaux.

Le procédé selon l'invention permet de bénéficier d'une diversité de codage grâce à l'usage d'un unique étage de codage correcteur et d'entrelacement entres les différentes voies, de pouvoir résister à au moins un canal bouché grâce à de la redondance spécifique introduite dans le
5 mécanisme d'autobaud partagé étendu, et elle permet donc d'éviter la rupture de la communication en cas de dégradation rapide (évanouissement, brouillage) d'un ou plusieurs canaux grâce au partage des informations sur l'ensemble des voies.

Le procédé permet de faire varier la modulation (éventuellement
10 codée) sur chacune des voies, et ainsi de proposer plus de flexibilité d'adaptation ou d'offrir un point de fonctionnement différent pour les différentes voies du système de communication.

REVENDICATIONS

1 – Procédé de communication dans un système de communication haute fréquence HF large bande comprenant un émetteur (300) d'un signal HF et un récepteur (320), au moins n canaux ch_n de communication, un code correcteur d'erreur FEC (301) et un entrelaceur (302) communs aux n canaux, un moyen (312, 313) permettant de déterminer la qualité Q_n de communication offerte par chacun des n canaux ch_n , les données étant transmises sous la forme de trame comprenant un préambule de synchronisation initiale et un autobaud standard (401a, 401b) suivi d'un bloc de données (402) caractérisé en ce qu'il comporte au moins les étapes suivantes, réalisées afin de permettre l'emploi de n canaux en parallèle, partageant un même codeur et un même entrelaceur pour bénéficier d'une protection par diversité fréquentielle, tout en permettant l'usage de modulations différentes sur les n canaux et offrant une redondance sur les informations de codage, entrelacement, modulation par canal, nombre de canaux :

- une étape où l'on introduit dans la structure de la trame des données du signal HF transmis, un préambule (405) d'extension d'autobaud après l'autobaud standard (401b), ledit préambule d'extension comporte au moins les informations suivantes:
 - une information sur la modulation employée sur chacun des n canaux $ch_1, \dots, ch_n$,
 - une information sur l'entrelaceur considéré commun aux n canaux,
 - le code correcteur FEC employé, commun aux n canaux,
 - le nombre de canaux employés (n), ainsi que pour chacun son identifiant $id_1, \dots, id_n$ permettant de les ordonner,
- une étape de choix de la modulation (304mn) sur un canal n en fonction de la qualité de liaison dudit canal,

- une opération commune de codage et d'entrelacement (312, 313) sur les n canaux,
- la transmission des informations introduites dans l'autobaud partagé au niveau du récepteur.

5

2 – Procédé selon la revendication 1 caractérisé en ce qu'il comporte une étape où l'on insère le préambule (405) d'extension d'autobaud après un autobaud standard (404) inséré lui-même régulièrement dans la trame de données.

10

3 – Procédé selon la revendication 1 caractérisé en ce que ladite trame comprend une première partie standard composée de deux tribits suivis d'une mini-probe et d'une seconde partie constituée de n tribits suivi d'une mini-probe.

15

4 – Procédé selon la revendication 1 caractérisé en ce que l'information sur la modulation employée est une information de débit.

5 – Procédé selon la revendication 1 caractérisé en ce qu'un canal de propagation ch_k porte l'information de débit des canaux de communication ch_k et $ch_{k+1}[n]$.

20

6 – Procédé selon la revendication 1 caractérisé en ce que le choix de la modulation utilisée sur une voie se fait en prenant en compte la qualité Q_n du canal de communication ch_n .

25

7 – Procédé selon la revendication 6 caractérisé en ce que la qualité de liaison d'un canal de communication est estimée en exécutant au moins l'une des étapes suivantes:

- une mesure de puissance du signal reçu, en l'absence de communication, dans chaque canal considéré par le système,

30

- l'attribution d'une note de qualité à chacun desdits canaux en comparant la valeur mesurée de la puissance à une ou plusieurs valeurs de seuils,
- la sélection des n canaux présentant les valeurs de note les plus élevées.

8 – Procédé selon l'une des revendications 6 ou 7 caractérisé en ce que l'on détermine la qualité de liaison d'un canal de communication au niveau de l'émetteur (300).

9 – Procédé selon l'une des revendications précédentes caractérisé en ce que la largeur d'un canal est de 3 KHz, 6KHz ou t kHz, t étant nombre réel donné.

10 – Procédé selon la revendication 1 caractérisé en ce que la structure de trame est définie dans la norme ST4539 ou de la MIL 188-110B et en ce que le procédé utilise la valeur '111' du premier tribit de l'autobaud pour signaler au récepteur le fonctionnement en autobaud étendu et en ce que l'on définit 4 tribits supplémentaires, soit 8 symboles pour former un autobaud de 137 symboles et constituer ainsi l'autobaud étendu, lesdits tribits étant protégés par un code correcteur.

11 – Procédé selon l'une des revendications 1 à 10 caractérisé en ce que l'on utilise différentes modulations codées, en fonction d'un canal considéré.

12 – Système de communication en bande haute fréquence large bande comportant au moins un émetteur HF (300) et au moins un récepteur HF (320) adaptés à émettre et recevoir un signal de forme d'onde HF caractérisé en ce que:

- ledit récepteur HF (320) comporte des moyens pour déterminer n canaux fréquentiels, sur lesquels il va transmettre un signal HF,

- ledit récepteur comporte des moyens pour évaluer la qualité de transmission d'un canal,
- ledit émetteur HF (300) comporte en outre des moyens permettant de générer un autobaud comprenant au moins les informations suivantes:
 - 5 o une information sur la modulation employée sur chacun des n canaux $ch_1, \dots, ch_n$,
 - o une information sur l'entrelaceur considéré, commun aux n canaux,
 - o le code correcteur FEC employé, commun aux n canaux,
 - 10 o le nombre de canaux employés (n), ainsi que pour chacun son identifiant id_n permettant de les ordonner,
- le système comprenant une voie de retour (312) permettant de remonter l'information sur la qualité du canal vers l'émetteur HF.