

**Centre de
Recherches sur les
Communications**

**SYNCOMPEX – SYNONYME DE RADIOTÉLÉPHONIE HF À BON COMPTE
GRÂCE À LA MODULATION VOCALE**

par

S.M. CHOW et B.D. McLARNON

RAPPORT DU CRC N° 1316-F



Department of
Communications

Ministère des
Communications

TK
5102.5
C673f
#1316

IC

OTTAWA, AOÛT 1980

CENTRE DE RECHERCHES SUR LES COMMUNICATIONS

MINISTÈRE DES COMMUNICATIONS
CANADA

SYNCOMPEX – SYNONYME DE RADIOTÉLÉPHONIE HF À BON COMPTE
GRÂCE À LA MODULATION VOCALE

par

S.M. Chow et B.D. McLarnon

(Direction des systèmes de communications)

RAPPORT DU CRC N° 1316-F



Août 1980
OTTAWA

ATTENTION

Ces renseignements sont fournis à la condition expresse que les droits de propriété et les droits de brevet soient protégés.

Le présent document est disponible en anglais
(Rapport du CRC N° 1316-E)

TABLE DES MATIÈRES

| | |
|---|---|
| RÉSUMÉ | 1 |
| 1. INTRODUCTION | 1 |
| 2. PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT | 2 |
| 3. SCHÉMA SYNOPTIQUE DU SYSTÈME | 3 |
| 3.1 Émetteur | 5 |
| 3.2 Recepteur | 5 |
| 4. RÉSULTATS DES ESSAIS | 6 |
| 5. BIBLIOGRAPHIE | 7 |

SYNCOMPLEX - SYNONYME DE RADIODÉLÉPHONIE HF À BON COMPTE
GRÂCE À LA MODULATION VOCALE

par

S.M. Chow et B.D. McLarnon

RÉSUMÉ

Syncomplex est un acronyme, dérivé de l'anglais "synchronized compressor and expander", qui désigne un système à compresseur et extenseur synchronisés, conçu pour améliorer la performance des circuits radiotéléphoniques HF à bande latérale unique en présence de brouillage ou d'évanouissements. Il peut être intégré aux nouvelles installations radio-électriques ou monté en rattrapage sur des équipements déjà en service. Sur le plan technique, son principe ressemble à celui du Lincomplex, quoique son fonctionnement repose sur les techniques de pointe pour en réduire le coût et en permettre l'usage avec des radiotéléphones de calibre commercial.

Le présent rapport renferme l'évaluation préliminaire de ce système, effectuée sur deux trajets d'onde ionosphérique. Il relève des améliorations notables de la qualité et de l'intelligibilité de la voix pendant les périodes où le rapport signal/bruit est mauvais.

1. INTRODUCTION

Les signaux radioélectriques de la bande des ondes décimétriques (HF) se propagent sur de longues distances par réflexion sur la couche ionosphérique, qui présente toutefois des variations spatiales et temporelles. Cette caractéristique provoque des évanouissements de signaux qui, conjugués au brouillage intense dans la bande HF du spectre, rendent souvent les signaux vocaux difficiles à comprendre et désagréables à écouter.

Pour résoudre ces problèmes, le "British Post Office" a mis au point le système Lincompex, au milieu des années 60 (réf. n° 1). Malgré l'efficacité de ce système sur les circuits radiotéléphoniques internationaux, les utilisateurs du spectre HF qui disposent de moyens financiers limités n'ont pu en profiter vu qu'il est coûteux et requiert des radiotéléphones dont l'erreur de fréquence de bout en bout varie dans les limites de ± 2 Hz.

En revanche, Syncompex a été conçu précisément pour répondre aux besoins des utilisateurs secondaires. Il emploie strictement des techniques numériques, afin de réaliser éventuellement les économies qui laissent entrevoir les récents progrès techniques dans le domaine des microprocesseurs et de l'intégration à grande échelle. Sa conception lui permet de fonctionner avec une erreur de fréquence de bout en bout pouvant varier de ± 20 Hz. De plus, comme il fait usage du même spectre que les émissions BLU normales, il est possible de l'intégrer aux installations radioélectriques standard ou d'en rééquiper d'anciens modèles déjà en service.

Les essais marqués par des évanouissements d'origine ionosphérique et un fort bruit ambiant montrent une amélioration importante du rapport signal/bruit, attribuable au Lincompex (réf. n° 2). Comme prévu, le Syncompex a produit une amélioration du même ordre. La section 4 décrit les résultats des expériences effectuées sur des trajets HF de 40 milles et de 700 milles.

2. PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

Le rapport valeur de crête/valeur moyenne d'un radiotéléphone BLU standard est d'environ 14,5 dB. Il est obtenu en saturation de l'étage de puissance pendant approximativement 1 % du temps (réf. n° 3). Cela signifie que l'émetteur fonctionne rarement à pleine puissance pendant la transmission des signaux vocaux. En présence de bruit, les syllabes de forte hauteur tonale restent compréhensibles tandis que les syllabes de faible hauteur tonale sont indistinctes, d'où baisse de l'intelligibilité des émissions vocales.

Syncompex surmonte cette difficulté en amplifiant les syllabes de faible hauteur tonale de manière à réduire la gamme dynamique de l'onde émise. Ainsi, toutes les syllabes étant transmises à pleine puissance, ou presque, les syllabes de faible hauteur tonale sont aussi intelligibles que celles de forte hauteur tonale. L'amélioration de la qualité sonore se fait donc au prix d'une augmentation de la puissance moyenne. (Au cours de l'essai du prototype de Syncompex, l'augmentation de la puissance moyenne a été de l'ordre de 5 à 10 dB).

Syncompex se compose de deux amplificateurs audio à gain variable: l'un couplé à l'émetteur et appelé compresseur, et l'autre raccordé au récepteur et appelé extenseur. D'une part, le compresseur réduit ou comprime la gamme dynamique des signaux vocaux; pour ce faire, il augmente le gain de chaque syllabe de faible hauteur tonale. D'autre part, l'extenseur fait l'inverse, c'est-à-dire qu'il augmente ou étend la gamme dynamique, restaurant ainsi à l'onde vocale sa forme première. Il importe que les variations du gain accomplies par l'extenseur et par le compresseur soient

synchronisées et inversement proportionnelles. En l'occurrence, à toute variation instantanée N du gain au compresseur doit correspondre une variation instantanée $1/N$ à l'extenseur. S'il y a synchronisation parfaite, le gain total du système reste toujours l'unité (1). Dans ces conditions, le système est transparent aux signaux vocaux et analogiques qui le traversent. En permettant à un système radio de fonctionner plus ou moins en "perte nette constante", Syncompex devient un élément important lorsque le raccordement au réseau téléphonique commuté est nécessaire.

La variation instantanée du gain au compresseur ne peut excéder $N=2^Y$, où $Y=0, 1, 2, \dots, 7$ et demeure constante pendant toute la durée de l'intervalle syllabique. De ce fait, il faut transmettre une valeur de Y par intervalle pour maintenir la synchronisation avec l'extenseur. On y parvient au moyen d'un signal numérique émis sous forme d'une porteuse modulée en fréquence dans certaines parties de la voie audiofréquence du signal vocal normal. La base de temps des bits du signal numérique sert à établir le moment précis de la variation du gain au compresseur. Etant donné son importance dans le fonctionnement du système, on a recours à la diversité de fréquence intrabande pour protéger les signaux numériques contre les perturbations du trajet. Le signal numérique est aussi appelé voie de commande.

Syncompex améliore la qualité sonore parce que le récepteur restitue les syllabes de faible hauteur tonale aussi fidèlement que le syllabe de forte hauteur tonale. Ce résultat est surtout manifeste pendant les pauses du discours où le gain à l'extenseur est réduit au minimum pour supprimer le bruit.

L'insensibilité relative de Syncompex à un léger désalignement de fréquence entre l'émetteur et le récepteur est attribuable au caractère numérique de la voie de commande. En effet, le système est en mesure de fonctionner normalement tant et aussi longtemps que les erreurs de fréquence n'entravent pas la démodulation du signal numérique. Les expériences ont montré que cette limite peut être de ± 20 Hz pour les équipements actuels. Par ailleurs, il est possible d'employer la voie de commande pour obtenir l'alignement exact du récepteur avec la fréquence d'émission, si cela s'impose. Comme la position de la voie de commande par rapport à la porteuse est bien définie, le désalignement des fréquences d'émission et de réception entraîne un décalage correspondant de la voie de commande. Cette caractéristique a été exploitée pour mettre en oeuvre un indicateur visuel facilitant le réglage du "clarificateur" du récepteur BLU. Cet indicateur permet de réaliser un alignement de fréquence plus précis que ne l'exige la voie de commande, et d'ainsi éliminer toute trace de brouillage de la voix causé par le réglage imprécis du clarificateur. Ce mécanisme peut être automatisé dans un système où toutes les installations radiotéléphoniques sont équipées de Syncompex.

3. SCHÉMA SYNOPTIQUE DU SYSTÈME

Les figures 1A et 1B présentent le schéma détaillé de Syncompex.

- | | |
|-----------------------------------|--|
| A: Microphone | G: Modulateur MDF 765 Hz \pm 42,5 Hz |
| B: Filtre passe-bande 300-2800 Hz | H: Modulateur MDF 2125 Hz \pm 42,5 Hz |
| C: Convertisseur A/N | I: Filtre passe-bande 765 Hz \pm 125 Hz |
| D: Microprocesseur | J: Filtre passe-bande 2125 Hz \pm 125 Hz |
| E: Convertisseur N/A | K: Hybride |
| F: Filtre éliminateur de bande | L: Hybride |
- Filtres de bande à 765 Hz et 2125 Hz

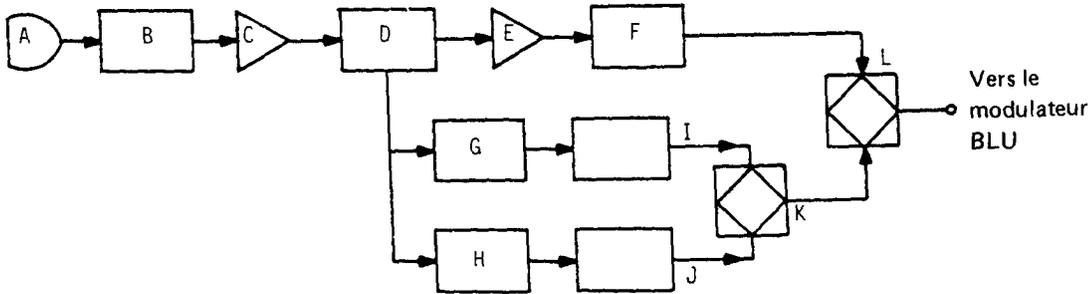
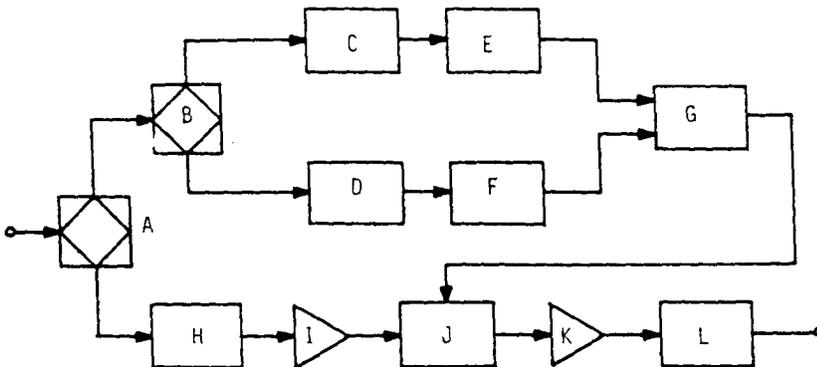


Figure 1A: Schéma synoptique du compresseur Syncompex



- | | |
|--|--|
| A: Hybride | G: Combinateur en diversité |
| B: Hybride | H: Filtre éliminateur de bande |
| C: Filtre passe-bande 765 Hz \pm 125 Hz | – filtres de bande à 765 Hz et 2125 Hz |
| D: Filtre passe-bande 2125 Hz \pm 125 Hz | I: Convertisseur A/N |
| E: Démodulateur MDF 765 Hz \pm 42,5 Hz | J: Microprocesseur |
| F: Démodulateur MDF 2125 Hz \pm 42,5 Hz | K: Convertisseur N/A |
| | L: Filtre passe-bande 300-2800 Hz |

Figure 1B: Schéma synoptique de l'extenseur Syncompex

3.1 ÉMETTEUR

Les fréquences vocales, filtrées comme il se doit, sont échantillonnées à l'entrée par un convertisseur analogique/numérique au rythme de 9 600 échantillons par seconde, sous le contrôle d'un microprocesseur. Ces échantillons sont stockés dans la mémoire de ce dernier en blocs de 128. Un algorithme, présent dans le programme mnémorique du microprocesseur, commande la variation du gain pour chaque bloc de 128 échantillons (définis, dans ce cas, comme une syllabe d'une durée de 13,3 millisecondes). Le gain est limité à $N=2^Y$, où $Y=0,1,\dots,7$, et sa variation à 6 dB par syllabe. (La variation de Y d'une syllabe à l'autre est ± 1). Sous réserve de ces limites, le microprocesseur applique le gain le plus élevé possible sans saturer outre-mesure la sortie du convertisseur numérique/analogique. La restitution de l'onde vocale comprimée se fait par filtrage de la sortie audiofréquence du convertisseur numérique/analogique.

La variation de gain appliquée par le microprocesseur est injectée dans une paire de modulateurs MDF fonctionnant à 75 bits par seconde. Ces modulateurs, dont les fréquences nominales sont 765 Hz et 2125 Hz, fonctionnent avec un espacement de ± 42 Hz entre les états de travail et de repos. Comme la variation de gain est limitée à 6 dB tous les 13,3 millisecondes, une voie binaire de 75 bits par seconde suffit pour acheminer l'information nécessaire et indiquer l'état du compresseur à l'extenseur.

Les deux voies MDF transmettent les mêmes données afin d'éviter que des évanouissements sélectifs survenant sur l'une ou l'autre d'entre elles ne désynchronisent le compresseur et l'extenseur. Les expériences faites sur des circuits HF démontrent que la diversité de fréquence intrabande est essentielle au bon fonctionnement du système.

Un filtre isole des fréquences de la bande phonique les fréquences destinées à la voie de commande et en supprime le signal audiofréquence de sortie. La voie de commande est ensuite jumelée au signal vocal comprimé (sortie) pour former l'entrée audiofréquence de l'émetteur.

La voie de commande est placée à distance des bords de la bande phonique afin de faciliter l'adjonction du système à divers modèles de radiotéléphones HF, car on prévient ainsi les effets qu'a l'utilisation de filtres BLU dans le voisinage des bords des bandes en raison des caractéristiques courant-tension interélectrodes imprécises et très variables de ceux-ci.

3.2 RÉCEPTEUR

Des filtres séparent la sortie audiofréquence des radiotéléphones en trois composantes, à savoir l'audiofréquence comprimée et les deux voies de commande MDF. Ces deux dernières sont démodulées séparément et combinées en une sortie de données de 75 bits par seconde servant à commander un microprocesseur. Une fois filtré, le signal d'entrée comprimé est échantillonné au rythme de 9600 échantillons par seconde. Les variations de gain sont appliquées à raison de 75 par seconde en proportion inverse de la compression. De cette façon, le gain total de 1 du système demeure stable. Le microprocesseur commande un convertisseur numérique/analogique dont la sortie forme, après filtrage, la sortie audiofréquence.

4. RÉSULTATS DES ESSAIS

Une série d'essais ont été effectués sur deux circuits reliant respectivement Ottawa (Ontario) et Halifax (Nouvelle-Écosse) et Ottawa et Low (Québec). La distance entre Ottawa et Halifax est d'environ 700 milles et celle qui sépare Ottawa et Low, approximativement 40. Ils ont été faits à plusieurs fréquences comprises entre 3 et 11 MHz. De fréquents évanouissements sélectifs ont été notés.

Les essais consistaient en paires d'émissions phoniques directes, l'une employant le Syncompex et l'autre non. Les puissances de crête des deux émissions étaient soigneusement réglées au même niveau afin d'assurer la validité des résultats. Le temps entre les émissions était maintenu en-deça de 2 secondes pour réduire le plus possible l'incidence des fluctuations de la propagation et du brouillage. L'opérateur du poste de réception plaçait l'extenseur Syncompex sous tension ou hors tension, selon le cas. L'audio-fréquence du récepteur était enregistrée dans chaque cas aux fins de la comparaison subjective.

Des atténuateurs étalonnés étaient placés en circuit entre l'émetteur et l'antenne pour régler la puissance d'émission du circuit entre les émissions d'une même paire. Ce réglage visait à déceler les avantages de Syncompex à puissance égale.

Les conclusions des essais se présentent comme suit:

1. Une amélioration radicale de l'intelligibilité et une atténuation correspondante des facteurs de fatigue chez les opérateurs se sont produites. Elles sont dues, en grande partie, à la suppression du bruit pendant les pauses du discours, au moyen de Syncompex. L'auditeur est plus détendu car il ne craint plus de mal saisir une syllabe de faible hauteur tonale qui risquerait de dénaturer le sens du discours. Un autre effet secondaire de Syncompex est dû à l'action de la commande automatique de gain du récepteur; la voie de commande prévient les fluctuations intempestives du gain du récepteur pendant les pauses du discours. La voix possède donc une résonance plus naturelle.
2. Syncompex améliore radicalement la performance des circuits dont le rapport signal/bruit est quasi inadmissible. Lorsque le signal est fort la voix se trouve légèrement déformée à cause du spectre employé par la voie de commande.
3. La modulation vocale par Syncompex suppose une augmentation de 10 dB de la puissance de l'émetteur. Toutefois, ce chiffre est approximatif, car il repose sur un jugement subjectif et dépend des conditions de propagation, lesquelles ont varié durant les essais. Il conviendrait de faire une évaluation précise basée sur des statistiques, ce qui suppose plus de données qu'on en possède actuellement. Il importe de noter que la radiotéléphonie HF à bande latérale unique, utilisée comme outil de comparaison, ne fait pas usage des techniques de modulation vocale plus conventionnelle, telle l'écrêtage pratiquée par les radioamateurs.
4. Un certain nombre d'essais ont été effectués au moyen d'un modèle de Syncompex possédant une seule voie de commande (réf. n° 4). La performance de ce système a été jugée insatisfaisante à cause de son intolérance aux

évanouissements sélectifs causés par les trajets multiples (réf. n° 5). Lorsque des évanouissements se produisaient, la voie de commande se trouvait inutilisable par intermittence, d'où les brusques changements du niveau audio à la réception. Les participants aux essais se sont montrés fort critiques à l'égard de ce genre de distortion parce qu'elle dénature la voix. Dans certains cas, il était tellement pénible d'écouter que les participants préféreraient sacrifier l'intelligibilité au confort. Comme les conditions de trajets multiples sont fréquentes, il est jugé nécessaire d'inclure la diversité de fréquence intrabande dans la conception des équipements pour parer aux évanouissements sélectifs, et les récents modèles de Syncompex comportent deux voies de commande.

Il est indéniable que Syncompex peut améliorer de façon significative la performance des systèmes radiotéléphoniques à ondes décamétriques à bande latérale unique. Les travaux se poursuivent en vue de la mise au point d'un modèle convenant à la production en série.

5. BIBLIOGRAPHIE

1. International Radio Consultative Committee (CCIR) XIIIth Plenary Assembly, Geneva, 1974. Vol. III, page 100.
2. Hutton-Penman, P.R. and W.M. Davies. *The Operational and Economic Advantages of Using Lincompex - Proceeding of the Conference Signal Processing Methods for Radio Telephony*. 19-21 May, 1976 organized by the IE and IEEE, page 110.
3. Pappenfus, E.W., Warren B. Bruene, and E.O. Schoenike. *Single Side Band Principles and Circuits*. McGraw Hill Book Company, 1964, page 328.
4. International Radio Consultative Committee (CCIR) XIVth Plenary Assembly, Kyoto 1978, Vol. III, page 99.
5. Kirsch, Alan L., Peter R. Gray and Drexel W. Hanna, Jr. *Field-test Results of the AN/GSC-10 (KATHRYN) Digital Data Terminal*. IEEE Transaction Communications Technology, Vol. COM-17, pp. 118-128, April 1969, Fig. e.

DONNÉES DE CONTRÔLE DE DOCUMENT DU CRC

1. ORIGINE: Ministère des Communications/Centre de recherches sur les communications

2. N° DU DOCUMENT: Rapport du CRC n° 1316-F

3. DATE: Août 1980

4. TITRE DU DOCUMENT: Syncompex: Synonyme de radiotéléphonie HF à bon compte grâce à la modulation vocale

5. AUTEUR(s): S.M. Chow et B.D. McLarnon

6. MOTS-CLÉS: (1) Modulation vocale
 (2) Ondes décamétriques (HF)
 (3) Radiotéléphonie

7. DOMAINE D'APPLICATION ET GROUPE (COSATI)

17 Navigation, communications, détection et contre-mesures

17 02 Communications

8. RÉSUMÉ: Syncompex est un acronyme, dérivé de l'anglais "synchronized compressor and expander", qui désigne un système à compresseur et extenseur synchronisés, conçu pour améliorer la performance des circuits radiotéléphoniques HF à bande latérale unique en présence de brouillage ou d'évanouissements. Il peut être intégré aux nouvelles installations radioélectriques ou monté en rattrapage sur des équipements déjà en service. Sur le plan technique, son principe ressemble à celui du Lincompex, quoique son fonctionnement repose sur les techniques de pointe pour en réduire le coût et en permettre l'usage avec des radiotéléphones de calibre commercial.

Le présent rapport renferme l'évaluation préliminaire de ce système, effectuée sur deux trajets d'onde ionosphérique. Il relève des améliorations notables de la qualité et de l'intelligibilité de la voix pendant les périodes où le rapport signal/bruit est mauvais.

9. CITATION: _____



Government
of Canada

Gouvernement
du Canada