

RAPPORT 1026-1*

**UTILISATION D'UN ÉQUIPEMENT TÉLÉGRAPHIQUE A IMPRESSION DIRECTE
A BANDE ÉTROITE SUR UNE VOIE A UNE SEULE FREQUENCE**

(Question 5/8)

(1986-1990)

1. Introduction

L'équipement télégraphique à impression directe à bande étroite (IBDE) du type ARQ conforme aux Recommandations 476 et 625 est conçu pour fonctionner sur le trajet radioélectrique en mode simplex.

Or, les systèmes maritimes opérationnels utilisent couramment ce type d'équipement avec des voies radioélectriques à deux fréquences, en raison d'un certain nombre de problèmes techniques. Le présent Rapport expose ces problèmes ainsi que les critères qu'il faudrait respecter pour permettre à un système opérationnel d'utiliser des voies à une seule fréquence.

2. Facteurs affectant l'utilisation de voies à une seule fréquence

Deux facteurs affectent essentiellement la réception d'une émission à impression directe à bande étroite sur une voie à une seule fréquence.

2.1 Réception de niveaux très élevés en provenance de l'émetteur lui-même

Il peut en résulter une surcharge de l'étage d'entrée du récepteur et une réduction de la sensibilité à la commande automatique de gain (CAG); étant donné la lenteur de resensibilisation du récepteur, le signal utile (à un niveau beaucoup plus faible) risque alors de ne pas être reçu.

2.2 Niveaux de bruit dans la bande en provenance de l'émetteur lui-même

La modulation de l'émetteur est présente pendant au moins 210 ms sur 450, mais certaines composantes du bruit dans la bande resteront normalement présentes pendant les 240 ms restantes.

Le niveau d'entrée du récepteur dû au bruit dans la bande est donné par $NC - CL$, où NC désigne les niveaux de bruit dans la bande et CL la perte par couplage entre les antennes d'émission et de réception.

Pour un site calme, les niveaux des bruits atmosphérique et galactique combinés, à l'entrée du récepteur, pour une largeur de bande de 300 Hz, varient de 0 à -11 dB(1 μ V) dans les bandes de fréquences de 1,6 à 30 MHz (voir le Rapport 322).

Pour éviter que ces composantes de bruit dans la bande provoquent une dégradation du signal reçu, elles devraient être inférieures d'au moins 3 dB aux bruits atmosphérique et galactique normaux sur le site de réception. Par conséquent, la réduction minimale nécessaire du bruit de l'émetteur dans la bande est donnée par la formule:

$$(NC - CL) - (\text{bruits atmosphérique et galactique} - 3 \text{ dB})$$

* Le Directeur du CCIR est prié de porter ce Rapport à l'attention de l'OMI.

Exemple de cas plus défavorable

La valeur de NC pour une émission mobile maritime peut atteindre 200 mW (130 dB(1 μ V)) (voir l'Appendice 8 au Règlement des radiocommunications).

Par conséquent, la réduction nécessaire pour un site calme est de:

$$(130 - 26) - (-11 - 3) = 118 \text{ dB.}$$

3. Discussion des problèmes et solutions possibles

Dans ce paragraphe, les deux facteurs principaux sont examinés séparément et des solutions pratiques sont indiquées.

3.1 Brouillage causé par l'émission elle-même

Ce problème risque de se poser lorsqu'une station mobile ou fixe utilise des antennes d'émission et de réception géographiquement rapprochées. Le moyen évident de surmonter ce problème, moyen déjà utilisé par de nombreux mobiles, consiste à rendre silencieuses pendant l'émission, l'entrée RF et la sortie audio du récepteur.

Une deuxième possibilité, lorsque les récepteurs ne sont pas équipés d'un silencieux, consiste à utiliser un commutateur d'antenne ou un affaiblisseur commutable pour ramener le niveau du signal brouilleur de son propre émetteur de façon à protéger la CAG.

Pour des stations dont les antennes ne sont pas copositionnées, aucune modification n'est nécessaire à condition que le niveau des signaux reçus réponde aux critères ci-dessus.

3.2 Emissions de bruit dans la bande

Ces émissions aussi risquent de poser des problèmes lorsque les antennes d'émission et de réception occupent le même site, étant donné que le niveau de bruit peut être sensiblement supérieur au niveau du signal utile reçu.

L'emploi d'un commutateur d'antenne d'émission activé uniquement pendant la période effective d'émission peut, dans la plupart des cas, éliminer ce problème.

Une autre possibilité consiste à utiliser un commutateur basse puissance entre l'étage d'excitation et l'amplificateur de puissance. La plus grande partie du bruit dans la bande est produite dans l'étage d'excitation et les composantes provenant de l'amplificateur peuvent s'abaisser jusqu'à 140 à 150 dB par rapport à la puissance en crête [Barrs, 1981].

Avec un émetteur de 1 kW (puissance en crête: 167 dB(1 μ V)), cela donne un niveau de bruit égal à:

$$167 \text{ dB} - 26 \text{ dB (CL)} - 150 \text{ dB} = -9 \text{ dB(1 } \mu\text{V)}$$

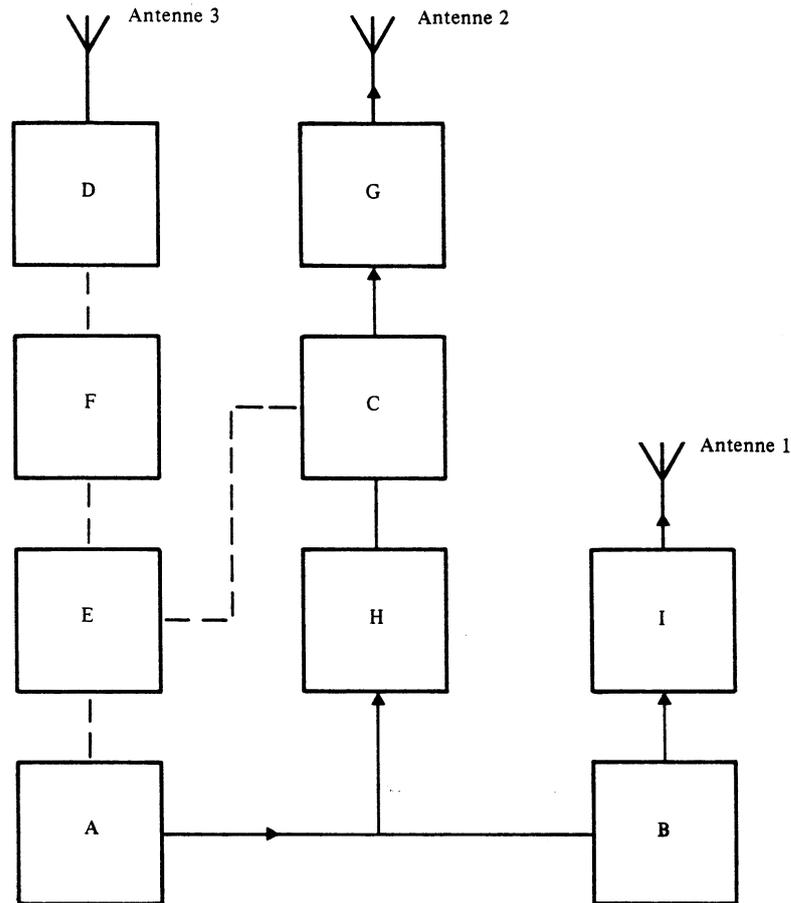
C'est à peu près le même niveau que celui du bruit atmosphérique et galactique (0 à -11 dB(1 μ V)).

Pour des équipements et des antennes installés sur un même site et très rapprochés, il peut être nécessaire d'appliquer ces deux solutions.

Pour des sites géographiquement séparés aucune modification n'est nécessaire, à condition que les niveaux de bruit provenant de l'émetteur soient inférieurs au bruit de fond normal.

4. Résultats expérimentaux**4.1 Dispositif d'essai**

On a fait un essai pour vérifier les possibilités d'application des solutions proposées ci-dessus, le matériel étant monté comme indiqué sur la Fig. 1 [CCIR, 1982-86].

FIGURE 1 - *Dispositif expérimental*

- A : terminal ARQ
 B : terminal ARQ
 C : affaiblisseur commutable
 D : affaiblisseur RF externe
 E : silencieux audiofréquence externe
 F : récepteur
 G : amplificateur RF haute puissance
 H : étage d'excitation basse puissance
 I : étage d'excitation basse puissance
 ----- : commande c.c.

Le terminal ARQ «A» était l'équipement principal, émettant vers le terminal ARQ «B» via la ligne directe. Des signaux de retour de ARQ «B» vers ARQ «A» étaient émis via l'antenne 1 et reçus via l'antenne 3. Le niveau élevé de l'émission elle-même et du bruit dans la bande était émis du terminal ARQ «A» via l'antenne 2. L'affaiblisseur «C» pouvait être branché pendant les périodes de silence du cycle ARQ de l'émission du terminal ARQ «A».

Les caractéristiques suivantes ont été mesurées:

- Puissance reçue de l'émission «brouilleuse»: +137 dB(1 μ V)
- Puissance reçue de l'émission du bruit dans la bande (l'affaiblisseur commutable «C» n'étant pas branché): +52 dB(1 μ V)
- Puissance reçue du bruit dans la bande (l'affaiblisseur «C» étant branché): -12 dB(1 μ V)

- Puissance reçue de l'émission «utile»: +20 dB(1 μ V)
- Temps de propagation sur la boucle ARQ «A»-ARQ «B»-ARQ «A» = 4 ms
- Temps de retour de la CAG du récepteur (temps nécessaire pour que la sortie audiofréquence revienne à -3 dB pour une réduction de 40 dB du niveau d'entrée) = 150 ms.

Les puissances «brouilleuses» et du bruit dans la bande (l'affaiblisseur «C» étant hors circuit) dépendaient exclusivement de l'émetteur utilisé. La puissance du bruit dans la bande lorsque l'affaiblisseur «C» était en service était réglée à une valeur à peu près égale au chiffre cité au § 2.2 pour le bruit atmosphérique et galactique typique moins 3 dB. La puissance «utile» émise par le terminal ARQ «B» via l'antenne 1 était réglée à une valeur typique de celle reçue par une station mobile maritime.

Le récepteur comportait un silencieux d'entrée RF (affaiblissement > 72 dB) et un silencieux de sortie audiofréquence, les deux pouvant être débranchés. Trois configurations de récepteur ont été utilisées dans l'essai:

- a) avec les deux silencieux internes, d'entrée RF et de sortie audiofréquence, en service;
- b) avec les deux silencieux internes débranchés, mais avec un affaiblisseur commutable de réception RF externe séparé «D» (affaiblissement de 80 dB) commandé par l'équipement ARQ en service;
- c) comme au b) mais avec un silencieux audiofréquence externe séparé «E» en service.

4.2 Résultats d'essai

Dans les configurations a) et c) ci-dessus, le circuit a fonctionné de manière satisfaisante, sans erreur. Dans la configuration b), les erreurs étaient non négligeables.

Au cours de cet essai, on a noté que le signal de ARQ «A» reçu par l'antenne 3 avait subi un retard. Par suite de ce retard, des niveaux élevés du signal ont été appliqués au récepteur «F». Il se peut que le fonctionnement du récepteur ait été dégradé. Il se peut également que ARQ «A» ait réagi à la fin de l'émission de son propre signal qui a subi un nouveau retard de la part du récepteur «F». Etant donné que la configuration c) a fonctionné de manière satisfaisante, on peut penser que la médiocrité des résultats obtenus dans la configuration b) tient, pour l'essentiel, à la dernière possibilité évoquée.

4.3 Essais en mer

4.3.1 Conditions des essais

Des essais en grandeur réelle ont été réalisés aux mois de janvier et février 1987 [CCIR, 1986-90] avec un équipement télégraphique IDBE sur des voies radioélectriques à une seule fréquence à bord du navire Komsomolsk, entre Leningrad et Cuba. L'équipement type suivant a été utilisé pour les essais à bord du Komsomolsk:

- équipement télégraphique IDBE conforme à la Recommandation 476-3 du CCIR;
- émetteur radioélectrique d'un kW;
- récepteur radioélectrique équipé de manière à pouvoir désactiver la CAG, bloquer l'entrée d'antenne et protéger les circuits d'entrée contre les tensions pouvant aller jusqu'à 100 V en ondes décimétriques;
- antennes distinctes pour l'émission et la réception, espacées d'au moins 10 m.

Chaque fois que l'équipement télégraphique IDBE a fonctionné en mode ARQ, l'unité d'excitation de l'émetteur a été bloquée pendant la période de silence, permettant ainsi de réduire le bruit en ondes décimétriques à 140 dB en-dessous de la puissance de sortie maximale de l'émetteur.

Une classe d'émission J2B a été utilisée à l'émission et à la réception.

4.3.2 Méthode utilisée pour les essais

La communication avec le correspondant a été établie en mode ARQ au moyen de fréquences appariées. Le même message d'essai spécial a été émis et reçu avec des fréquences appariées, puis avec une seule fréquence. Le temps de transmission/réception pour le message d'essai a été enregistré. La vitesse réelle de transmission pour le même volume d'informations (environ 1 000 caractères) a été déterminée pour le fonctionnement en mode ARQ et pour le fonctionnement à une seule fréquence au moyen de la formule suivante:

$$R = \frac{N \times 7,5}{t} \text{ (bauds)}$$

où N est le nombre de caractères transmis
t est le temps de transmission, en secondes.

L'efficacité (E) du fonctionnement de l'équipement télégraphique IDBE a été évaluée sur la base du rapport entre la vitesse réelle de transmission des informations dans le cas du fonctionnement à une seule fréquence (R_s) et la vitesse de transmission du même volume d'information dans le cas du fonctionnement à deux fréquences (R_d):

$$E = \frac{R_s}{R_d}$$

Pour tenir compte de variations des conditions de propagation dans l'intervalle compris entre le début de la transmission à deux fréquences et le début de la transmission à une seule fréquence, la moyenne du temps de transmission/réception a été calculée pour l'ensemble de l'échange.

Dans le cadre des essais, on a également évalué l'effet des brouillages occasionnés par des stations radioélectriques fonctionnant dans les voies adjacentes, c'est-à-dire à des fréquences situées à ± 500 Hz de la fréquence de travail en mode d'exploitation simplex de l'équipement télégraphique IDBE.

4.3.3 Résultats des essais

Les Tableaux I et II donnent les résultats des 45 échanges réalisés pendant les essais (39 avec des stations côtières et 6 avec des navires).

La relation entre R_d et R_s au cours d'un même échange était significative.

TABLEAU I

Vitesse de transmission (Bit/s)	Nombre d'échanges avec fonctionnement à une seule fréquence (R_s)	Nombre d'échanges avec fonctionnement à deux fréquences (R_d)
0 - 19,9*	1	1
20 - 29,9	1	2
30 - 34,9	5	2
35 - 39,9	9	8
40 - 44,9	11	17
45 - 49,9	17	12
50	1	3
	45	45

TABLEAU II

Effacité $E = \frac{R_s}{R_d}$	Nombre d'échanges
<0,85	1
0,85 - 0,89	4
0,90 - 0,94	1
0,95 - 0,99	14
1,00 - 1,04	15
1,05 - 1,09	4
1,10 - 1,14	4
1,15 - 1,19	1
>1,20	1
	45

* Les vitesses de transmission minimales pour le fonctionnement à une seule fréquence et le fonctionnement à deux fréquences, indiquées dans le Tableau I, sont respectivement 7,40 et 6,35 bit/s.

Le rapport indiqué dans le Tableau II entre l'efficacité (E) d'un équipement télégraphique IDBE utilisé sur une voie à une seule fréquence et celle du même équipement utilisé sur une voie à deux fréquences dépend de la situation des brouillages dans la voie et varie entre 0,76 et 1,65. La moyenne de l'efficacité E sur l'ensemble des échanges, avec une vitesse de transmission moyenne de 41,4 bauds, est de 1,01. On peut donc tirer une conclusion en ce qui concerne la possibilité d'utiliser massivement l'équipement télégraphique IDBE sur une voie radioélectrique à une seule fréquence dans des conditions d'exploitation normales.

5. Avantages du fonctionnement ARQ pour un équipement à impression directe à bande étroite en mode de fonctionnement à une seule fréquence

L'utilisation d'une seule fréquence dans ce cas peut entraîner une économie de 50% du spectre des fréquences. En outre, l'exploitation à une seule fréquence dans les voies à impression directe à bande étroite proposées pour le système mondial de détresse et de sécurité en mer (voir le Rapport 747) permet l'utilisation du mode de fonctionnement ARQ qui est intrinsèquement plus fiable que les modes CED (correction d'erreur sans voie de retour) pour l'émission vers des stations isolées. Le fonctionnement et l'efficacité de l'équipement IDBE sont pratiquement les mêmes dans une voie à une seule fréquence et dans une voie à deux fréquences.

6. Conclusions

On a démontré que le système à impression directe à bande étroite en mode ARQ utilisant une seule fréquence peut fonctionner de manière satisfaisante même lorsque l'émetteur et le récepteur associés sont situés au même endroit, ce qui est le cas pour les stations mobiles et pour certaines stations côtières. Pour obtenir un fonctionnement satisfaisant, il est nécessaire de prendre des mesures pour réduire les composantes du bruit dans la bande émise en dehors des périodes d'émission effectives et le récepteur employé doit être équipé soit d'un silencieux interne RF et d'un silencieux audiofréquence, soit d'un affaiblisseur commutable d'antenne de réception externe et d'un silencieux externe audiofréquence.

Pour des émetteurs et récepteurs géographiquement séparés, aucune modification n'est nécessaire, à condition que les niveaux reçus en provenance de l'émetteur de la station satisfassent aux conditions étudiées aux § 2 et 3.

Pour des émetteurs et des récepteurs situés relativement près les uns des autres (par exemple, à bord d'un navire), la réduction du bruit d'un émetteur de navire à un niveau de -140 dB par rapport à la puissance maximale de sortie pendant une période de silence de 240 ms est suffisante pour le fonctionnement d'un équipement télégraphique IDBE sur une seule fréquence.

Le blocage de l'entrée du récepteur pendant le fonctionnement de l'émetteur associé durant une période de 210 ms au moyen des relais habituels ainsi que la désactivation de la CAG n'affectent pas de manière appréciable l'efficacité d'un équipement télégraphique IDBE fonctionnant sur une voie radioélectrique à une seule fréquence.

On trouvera dans l'Annexe I le compte rendu d'une expérience pratique avec le Système IDBE-ARQ à une seule fréquence.

On peut donc maintenant indiquer qu'il existe plusieurs applications immédiates pour l'exploitation à une seule fréquence fondée sur l'utilisation de systèmes d'impression directe à bande étroite en mode ARQ, lequel est intrinsèquement plus fiable que le mode CED:

- détresse et sécurité dans le FSMDSM sur des voies à fréquence unique disponibles dans les bandes d'ondes hectométriques, décamétriques et métriques;
- télégraphie à impression directe à bande étroite sur des voies à une seule fréquence, ce qui permet de réduire les voies à deux fréquences spécifiées dans l'Article 60 du Règlement des radiocommunications et ainsi de doubler le nombre de fréquences disponibles.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BARRS, R. A. [1981] A reappraisal of HF receiver selectivity. *Proc. IERE*, Vol. 50.

Documents du CCIR :
[1982-86]: 8/25 (Royaume-Uni),
[1986-90]: 8/84 (URSS).

ANNEXE I

EXPERIENCE PRATIQUE TIREE DE L'UTILISATION A UNE SEULE FREQUENCE DE VOIES DE RADIOTELEGRAPHIE IDBE DANS LE SYSTEME MARITEX

1. Introduction

Les protocoles des liaisons de données et de la couche physique utilisés dans les systèmes IDBE (voir les Recommandations 476-4 et 625 du CCIR) utilisent par définition le mode de fonctionnement à une seule fréquence; en outre, la mise en oeuvre du service d'amateur (AMTOR) utilise toujours le mode de fonctionnement à une seule fréquence avec de bons résultats. On s'est essentiellement intéressé aux conséquences de l'utilisation dudit mode de fonctionnement dans les systèmes radiotélex automatiques et semi-automatiques.

Cette situation s'explique à la fois, par la possibilité d'une meilleure utilisation du spectre grâce à l'utilisation de la même fréquence pour les voies d'aller et de retour et, par la possibilité d'utiliser les équipements radioélectriques terminaux proposés aujourd'hui sur le marché, du type des émetteurs-récepteurs initialement conçus pour une utilisation dans le mode de fonctionnement à une seule fréquence, d'où la baisse du prix de ces équipements terminaux.

La présente Annexe a pour objet de donner des renseignements sur la mise en oeuvre pratique et les conséquences d'essais d'exploitation dans le mode de fonctionnement à une seule fréquence du système IDBE automatique MARITEX exploité par les Administrations des pays nordiques [CCIR, 1986-90].

2. Mise en oeuvre de terminaux mobiles

Le terminal mobile utilisé pour les essais était un émetteur à ondes hectométriques/décamétriques d'une puissance de sortie de 150 watts, de fabrication japonaise, équipé d'un système ARQ conforme aux spécifications de la Recommandation 476-3 du CCIR. L'émetteur-récepteur a été placé dans la station mobile du cargo Boxy et a été utilisé au cours d'un voyage de six mois dans l'Atlantique Nord, d'avril à septembre 1987. L'antenne utilisée était une antenne-fouet en fibre de verre de 7 m accordée par l'unité d'adaptation automatique d'antenne d'accompagnement.

Les équipements utilisés, tels qu'ils ont été fournis par les fabricants, n'ont pas fait l'objet de précautions particulières.

3. Mise en service de stations côtières

Le canal radioélectrique pour l'essai était situé dans la bande des 12 MHz et utilisait les composantes types du système MARITEX.

Le récepteur utilisé avait une largeur de bande FI de 350 Hz et était relié au complexe de l'antenne log-périodique à l'emplacement de réception MARITEX à Onsala, à 30 km au sud-ouest de Gothenburg.

L'équipement d'émission se trouvait dans un site auxiliaire à Grimeton, à 60 km au sud du lieu de réception.

L'émetteur avait une puissance de 5 kW à l'antenne dipôle et fonctionnait en mode J2B.

Un système ARQ type était relié à l'équipement radio et au système informatique de traitement des messages MARITEX.

Certains ajustements au format de signal de "voie libre" conforme à la Recommandation 492 ont été apportés. En effet, afin qu'il soit possible d'appeler depuis les navires, une période de silence de 3 secondes a dû être insérée après 8 blocs de signaux de voie libre. Sinon, l'émission de la station côtière aurait rendu les transmissions d'appel du navire non décodables.

4. Observations

Pendant la traversée, l'on n'a constaté aucune difficulté ou temps de propagation anormal des messages imputable à la liaison radio. Le trafic à l'entrée du système en provenance d'abonnés télex à terre ou émanant du navire a été transmis largement dans les limites de temps de propagation du système.



5. Conclusions

L'utilisation sur une seule fréquence des voies d'impression directe à bande étroite est un moyen pratique de réduire l'encombrement du spectre dans les bandes d'ondes décimétriques pour l'impression directe à bande étroite et se elle est de mise en oeuvre facile, même dans des systèmes entièrement automatiques.

Toutefois, l'on prévoit certaines difficultés en ce qui concerne les équipements mobiles plus anciens, qui ont des temps de commutation, un réglage silencieux et des caractéristiques de bruit bien inférieures aux normes optimales.

Il sera peut-être également nécessaire de modifier légèrement l'équipement radio des stations côtières afin de répondre aux spécifications en ce qui concerne le réglage du silencieux et les caractéristiques de bruit des émetteurs.

Le format du signal de "voie libre" nécessaire pour obtenir une qualité de fonctionnement optimale doit également faire l'objet d'un complément d'étude, pour le cas où un terminal mobile fonctionnant dans le cadre d'un système automatique doit balayer un certain nombre de canaux radioélectriques.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Documents du CCIR:

[1986-1990]: 8/118 (Suède)
