

SECTION 8G - DISPONIBILITE, OBJECTIFS DE QUALITE ET INTERFONCTIONNEMENT AVEC
LES SERVICES DE TERRE

RAPPORT 751*

**MÉTHODES D'ÉVALUATION SUBJECTIVE DE LA QUALITÉ DE REPRODUCTION VOCALE
DANS LE SERVICE MOBILE MARITIME PAR SATELLITE**

(Programme d'études 17A/8)

(1978)

1. Introduction

L'évaluation de la qualité d'une communication téléphonique qui passe par un système à satellite du service mobile maritime pouvant être relié à des circuits nationaux ou internationaux à commutation, présente quelques difficultés compte tenu de la diversité des conditions et des dégradations que l'on est susceptible de rencontrer dans une communication type. Une des liaisons au moins aura toujours un temps de propagation élevé de l'ordre de 270 ms (temps moyen dans un sens), des supprimeurs d'écho et, éventuellement, d'autres appareils à commutation vocale seront nécessaires. Les divers éléments de circuits qui composent la section maritime de la liaison provoqueront d'autres formes de dégradation (affaiblissement, bruit de circuit, distorsion «affaiblissement/fréquence» et, éventuellement, distorsion de quantification). Il doit aussi être tenu compte du fait que les niveaux moyens des signaux vocaux et du bruit sur la liaison par satellite peuvent ne pas être les mêmes dans les deux sens de transmission.

L'idéal serait d'évaluer la qualité d'une telle liaison en prenant pour critère ultime les caractéristiques qu'elle présente lorsqu'une communication est établie entre des utilisateurs pris dans l'ensemble des utilisateurs potentiels. Dans ces conditions, toutes les dégradations de la parole, de l'écoute et de la conversation seront réunies. Cependant, cette méthode risque pour diverses raisons de ne pas être applicable et il est préférable de recourir à d'autres méthodes pour évaluer l'efficacité de communication offerte par le système. La simulation en laboratoire de communications bidirectionnelles en vue d'essais de conversation est réalisable dans la mesure où les communications sont vraiment représentatives et où les essais sont effectués de manière méthodique. Il est bon de prévoir, dans le processus d'évaluation, des essais comportant une écoute seulement, mais il ne serait pas judicieux de vouloir prédire les performances de systèmes maritimes par satellite dans des conditions de conversation en s'appuyant uniquement sur le résultat de ces essais.

Le présent Rapport a pour objet d'exposer en les résumant diverses méthodes utilisables à la fois pour les essais d'écoute et de conversation. Il suggère les méthodes qui conviennent le mieux à l'étude des effets de différents types de dégradation qui peuvent se produire lorsque l'on établit un service mobile maritime par satellite, ainsi que les méthodes les mieux appropriées pour définir les diverses normes de qualité.

2. Objectifs de transmission

Quand on établit un service mobile maritime par satellite, on vise principalement à obtenir entre les navires et les abonnés à terre des communications aussi bonnes, ou presque aussi bonnes, que les communications de terre normales. Pour développer un tel service, il faut prendre des décisions; l'on trouvera ci-dessous une liste de points à considérer avant de prendre ces décisions; pour tous ces points, les méthodes d'évaluation entrent en jeu:

- détermination du système le mieux approprié de modulation des signaux vocaux;
- pour les systèmes de modulation qui produisent un bruit lié aux signaux vocaux, détermination du niveau de bruit blanc subjectivement équivalent au bruit lié à ces signaux (voir le Rapport 750 (Kyoto, 1978));
- détermination des normes minimales de qualité pour les communications de détresse;
- détermination des effets du temps de propagation, de l'écho et de la commutation vocale de la porteuse;
- détermination de la qualité de transmission de l'ensemble du système;
- enquête en service normal pour savoir si le service satisfait aux exigences de qualité et où se trouvent éventuellement des sources particulières de difficultés.

3. Essais ne prévoyant que l'écoute

Il existe de nombreux types d'essais d'écoute, mais ils peuvent se ramener à deux grandes catégories: ceux qui consistent à mesurer l'intelligibilité des signaux vocaux reçus sur la voie à l'étude et ceux qui consistent à mesurer la qualité globale des signaux vocaux reçus.

Dans le premier cas, on recourt à des essais de netteté, assez simples à exécuter mais exigeant une formation préalable des participants. L'analyse est facile à faire.

Dans le second cas, on recourt, parmi d'autres moyens, à des échelles d'appréciation subjective et à des essais d'isopréférence. En règle générale, ces méthodes ne nécessitent pas de formation préalable des participants.

* Le Directeur du CCIR est prié de porter le présent Rapport à l'attention du CCITT.

3.1 *Essais de netteté*

3.1.1 *Principes généraux*

Les essais de netteté visent à obtenir une mesure de l'intelligibilité des signaux vocaux transmis sur la voie à l'étude.

Les essais consistent généralement à faire prononcer sur la voie à mesurer des paroles normalisées. La mesure de l'intelligibilité de la voie est donnée par le pourcentage des sons vocaux perçus correctement par une équipe d'auditeurs. Cette netteté peut porter sur des mots, des logatomes, des sons, des consonnes ou des voyelles.

Il existe dans la pratique un grand nombre de méthodes qui diffèrent les unes des autres principalement par les paroles prononcées et les conditions générales de l'expérience; ces méthodes conviennent bien à la détermination des normes minimales de qualité pour les communications de détresse.

La tâche des participants est simple et les essais de ce genre sont relativement faciles à exécuter. L'analyse des résultats se fait aussi facilement. L'interprétation de ces résultats dépend de la méthode expérimentale utilisée dans chaque cas.

3.1.2 *Méthode d'évaluation de la netteté pour les logatomes*

Les logatomes sont des syllabes sans signification comprenant les trois éléments suivants:

consonne(s)-voyelle-consonne(s).

Chacun des sons constituant le logatome est pris au hasard dans une liste de phonèmes représentatifs de la langue concernée.

La méthode utilisée pour former les logatomes est décrite en détail dans la Recommandation P.45 du CCITT, Tome V du Livre Rouge, page 74.

La méthode expérimentale consiste à faire écouter une liste de logatomes à un participant ayant reçu une formation préalable. Celui-ci est placé à l'extrémité de réception du circuit dont on évalue la qualité. A l'autre extrémité, les logatomes sont prononcés (sans phrases de liaison) soit directement par les énonces, soit au moyen d'une bande magnétique sur laquelle les logatomes ont été préalablement enregistrés. (Au total, un essai complet peut comprendre 500 logatomes, prononcés par plusieurs participants.) L'auditeur écrit les sons qu'il perçoit et compose ainsi une liste de logatomes «perçus», que l'on compare ensuite à ceux de la liste lue.

Le pourcentage de logatomes correctement perçus représente la «netteté pour les logatomes».

3.1.3 *Méthode d'évaluation de la netteté des sons*

Un essai complet porte au total sur 100 syllabes (chacune comprenant un ou plusieurs sons), prises au hasard dans une langue donnée (par exemple le japonais).

Un énonces entraîné prononce ces syllabes avec un volume vocal constant tandis qu'un autre participant écrit les syllabes qu'il entend. Le pourcentage de sons correctement perçus constitue la «netteté pour les sons».

3.1.4 *Méthode d'évaluation de la netteté appliquée par le CCITT*

A noter aussi la méthode indiquée dans la Recommandation P.45 du CCITT, Tome V du Livre Rouge, pages 69-114.

Cette méthode visait à l'origine à mesurer les affaiblissements équivalents pour la netteté (AEN), mais elle peut servir à d'autres fins.

3.1.5 *Méthode des mots équilibrés phonétiquement (PB)*

A noter également les mesures d'intelligibilité de la voix effectuées au moyen de l'essai PB à 50 mots de l'American National Standard, S3.2-1960: méthode permettant de mesurer l'intelligibilité des monosyllabes.

Des expériences ont montré que l'on peut modifier les essais effectués avec les listes de mots PB-50 par rapport à la méthode normalisée, sans compromettre sensiblement la fiabilité et la précision des mesures [Milner, 1973; Milner et Golab, 1975]. Lors d'expériences menées dans les services maritime et aéronautique au moyen de ATS-6, s'agissant d'exécuter un programme complet d'essais d'intelligibilité dans un temps limité, on avait porté à un mot par 2,5 s la vitesse de lecture, supprimé la phrase de liaison, limité la longueur des essais à 400 mots par essai et créé 68 combinaisons brassées des listes de mots. Ces modifications de la méthode normalisée américaine PB n'ont pas entraîné de détérioration de l'écoute. Il n'y avait pas de mémorisation par la personne qui écoutait; on a pu faire l'essai avec un très grand nombre de paramètres tout en portant à un maximum l'efficacité d'utilisation du satellite et du temps d'essai en vol (voir le Rapport 599).

3.2 Echelles d'appréciation subjective

Les méthodes fondées sur des échelles d'appréciation subjective visent à déterminer les caractéristiques des voies de transmission vocale en n'utilisant qu'un nombre réduit de descriptions verbales (échelle d'appréciation subjective) de la qualité de la voie. Après avoir écouté les paroles transmises sur la voie à l'étude, des auditeurs n'ayant reçu aucune formation particulière sont priés d'indiquer lequel des qualificatifs proposés s'applique le mieux à cette voie.

Les résultats fournis par des essais de ce genre peuvent s'exprimer sous forme de pourcentage de réponses dans chacune des diverses catégories fixées.

En outre, certaines catégories peuvent être regroupées; par exemple, dans le cas d'une échelle à sept points, en réunissant les groupes 4, 5 et 6, on obtiendra le pourcentage d'utilisateurs satisfaits et en réunissant les groupes 3, 4, 5 et 6 celui des utilisateurs moyennement satisfaits. Avec une échelle à cinq notes, les groupes correspondants sont A et B et A, B et C.

On peut également calculer une note moyenne d'opinion si l'on a attribué aux catégories des valeurs numériques.

En règle générale, les essais d'appréciation sont faciles à exécuter et l'analyse des résultats est immédiate. Mais la tâche des opérateurs qui écoutent est difficile étant donné qu'ils doivent exprimer leur opinion en choisissant le qualificatif approprié dans un ensemble prédéterminé. Les résultats dépendent du choix des qualificatifs, qui doit bien correspondre à la gamme de qualité prévue dans l'essai. Lorsque les formules ont été judicieusement choisies, l'interprétation des résultats se fait sans difficulté.

De plus, on peut se servir des résultats pour calculer par interpolation le niveau du bruit blanc gaussien qui serait subjectivement équivalent au niveau du bruit lié aux signaux vocaux. Les auditeurs écoutent sur des voies qui contiennent ce bruit et sur d'autres voies qui contiennent du bruit blanc gaussien (voies de référence). Les niveaux de bruit introduits dans les voies de référence doivent permettre de couvrir une gamme de notes moyennes d'opinion plus étendue que dans le cas des voies contenant du bruit lié aux signaux vocaux.

On trouvera ci-dessous deux échelles types d'appréciation subjective:

3.2.1 une échelle à sept points

Note	Description qualitative
6	Circuit idéal.
5	Circuit excellent. Possibilité de se détendre totalement pendant la conversation. Très agréable.
4	Bon circuit. Nécessaire de prêter l'oreille, mais pas nécessaire de faire un effort particulier. Circuit agréable.
3	Circuit assez bon. Il est nécessaire de faire un effort modéré, mais pas exagéré. Le circuit n'est pas très agréable.
2	Circuit médiocre. L'audition est possible, mais un peu difficile. Ecoute désagréable.
1	Mauvais circuit. Ne peut être utilisé qu'avec beaucoup de difficulté. Ecoute très désagréable.
0	Très mauvais circuit. Pratiquement inutilisable.

3.2.2 échelle à cinq points (effort d'écoute) (Réf.: Annexe 5 à la Question 1/XII du CCITT, partie C, Tome V du Livre Vert.)

A	Possibilité de se détendre totalement: aucun effort n'est nécessaire.
B	Attention nécessaire: aucun effort notable ne s'impose.
C	Un effort modéré est nécessaire.
D	Un effort considérable est nécessaire.
E	Impossible de comprendre le sens, même en faisant un effort considérable.

L'un des problèmes que posent les échelles ci-dessus est le fait qu'elles se prêtent mal à la traduction dans d'autres langues et que les auditeurs éprouvent en conséquence des difficultés pour comprendre la différence entre les notes des échelles. Il peut donc se faire que les essais effectués avec les mêmes paramètres, mais dans des langues différentes, ne soient pas comparables. Pour surmonter ce problème, on peut recourir à une échelle simple, facile à traduire dans les diverses langues, telle que: très bon, bon, assez bon, médiocre, très médiocre. En utilisant une échelle de ce type, il importe cependant de poser la question correcte à l'auditeur, sans quoi il est impossible de savoir au juste si l'opinion exprimée porte sur les signaux vocaux ou sur la voie et les résultats obtenus peuvent être incohérents.

Les méthodes d'échelle d'appréciation conviennent à l'évaluation de l'effet de la plupart des types de dégradation, surtout lorsque l'objectif de transmission est plutôt une bonne qualité qu'une simple intelligibilité. Elles ne permettent pas d'évaluer les effets du temps de propagation et des échos.

3.3 Méthodes de comparaison pour déterminer le bruit équivalent

3.3.1 Principes généraux

L'emploi du bruit équivalent tient à la nécessité d'évaluer l'effet de la qualité globale de transmission sur les circuits qui introduisent des types de distorsion liés aux signaux vocaux. A cette fin, on peut déterminer le bruit équivalent du système «inconnu», pour ce système même, sans introduire de dégradation supplémentaire (voir le Rapport 750 (Kyoto, 1978)). On peut alors calculer la qualité globale des diverses communications au moyen des formules ordinaires applicables à la qualité de transmission (Réf.: Livre Orange du CCITT, annexes à la Question 7/XII).

Puisqu'elles portent essentiellement sur les communications téléphoniques ordinaires, les méthodes d'appréciation subjective suivies pour déterminer le bruit équivalent doivent être fondées sur l'appréciation de la qualité globale. De plus, pour obtenir des résultats cohérents, il faut que les appréciations obéissent à une loi de transitivité, c'est-à-dire: si $A = B$ et si $B = C$, $C = A$.

Avec les méthodes ci-dessous décrites, le rôle de l'auditeur est quelque peu différent, puisqu'on lui demande d'indiquer une préférence, une similitude ou un ordre de rang. Il semble néanmoins que les méthodes en question soient toutes fondées sur l'appréciation de la qualité globale.

3.3.2 Méthode d'isopréférence

Dans la méthode d'isopréférence, la qualité de la voie à mesurer est évaluée par comparaison avec une voie de référence qui transmet des volumes variables de bruit. Pour chaque couple de voies (une de référence et une d'essai), on demande au sujet d'indiquer lequel des deux échantillons de paroles il ou elle préférerait entendre. Cela étant, on définit le niveau (de bruit) d'isopréférence par la valeur de bruit pour laquelle 50% des auditeurs préfèrent une des deux voies et 50% l'autre voie. Comme il est peu probable que dans la pratique on puisse obtenir le niveau d'isopréférence exact, il faut recourir à l'interpolation pour y parvenir; les essais ont montré que la méthode d'isopréférence permet de respecter la loi de transitivité.

3.3.3 Méthode d'ajustement

Cette méthode s'appelle également «méthode de l'erreur moyenne», dans laquelle les participants peuvent agir sur la puissance de bruit dans la voie de référence. On leur demande de régler la voie de référence en choisissant le volume de bruit de telle sorte que cette voie et la voie à mesurer présentent une qualité globale équivalente. Le niveau de bruit équivalent s'obtient directement en fixant le niveau de bruit.

Les essais ont montré que la méthode répond à la loi de transitivité.

3.3.4 Méthode de classement par ordre de rang

La méthode consiste à classer par ordre de rang un mélange de techniques de traitement connues et de techniques de traitement inconnues, selon la qualité de transmission. Dans le domaine statistique, cette méthode s'appelle la méthode des carrés de Youden (YS). Par technique de transmission «connue», on entend une technique où l'on connaît la qualité subjective pour un signal analogique et un bruit gaussien. Par technique de transmission «inconnue», on entend toute technique pour laquelle la qualité est à déterminer.

Le mélange de techniques de transmission «connues» et «inconnues» s'opère après une soigneuse présélection, de telle sorte que la gamme de qualité des techniques connues couvre celle des techniques inconnues. On obtient par interpolation les valeurs du bruit équivalent pour les techniques inconnues.

La méthode des carrés de Youden permet de classer subjectivement par ordre de rang nombre de stimuli, tels que les échantillons de signaux vocaux traités par des techniques différentes, en ne présentant à chaque fois qu'une petite partie des échantillons aux participants. Cette partie constitue un «bloc». Par exemple, on peut classer par rang d'ordre treize stimuli en ne présentant à la fois que des blocs de quatre échantillons; c'est le procédé 4×13 YS. Les stimuli utilisés, S_i , sont des échantillons enregistrés de signaux vocaux traités par des techniques différentes dans des conditions spécifiées.

Avec les carrés de Youden, la division en blocs permet un certain équilibre dans le classement, surtout du fait que chaque stimulus S_i est entendu autant de fois que les autres au cours de l'expérience, et que chaque couple possible de stimuli se présente aussi souvent que les autres dans un même nombre de blocs.

Etant donné qu'il est généralement trop difficile pour la plupart des personnes de comparer à la fois plus de 4 échantillons, c'est le procédé 13×4 YS qui est le plus fréquemment employé. En pareil cas, 6 systèmes «inconnus» sont mélangés avec 7 systèmes dont on connaît le rapport signal analogique/bruit.

Pour chaque bloc, l'auditeur est prié de classer selon ses propres préférences les 4 stimuli en assignant des coefficients allant de 1 (la meilleure qualité) à 4 (la plus mauvaise qualité) aux échantillons.

Il convient de procéder à des essais de concordance des coefficients pour vérifier la grande probabilité d'existence de l'ordre de rang observé. L'analyse consiste à calculer le rang moyen pour chaque système. Afin de convertir l'ordre de rang en bruit équivalent, on définit, pour le traitement analogique, une courbe de régression du rang moyen en fonction du rapport signal/bruit. Au moyen de cette courbe, les rangs des traitements inconnus sont transférés dans le domaine signal/bruit.

On trouvera un exemple de l'emploi de cette méthode dans l'Annexe II au Rapport 752.

4. Essais de conversation

4.1 Principes généraux

Les essais de conversation visent essentiellement à déterminer la qualité globale des communications téléphoniques. Il est tenu compte de manière aussi réaliste que possible des particularités de la conversation.

Les essais consistent en conversations que des couples de participants sans formation particulière échangent sur la liaison à mesurer. A la fin de leur conversation, les participants, qui n'ont jamais été interrompus, sont immédiatement priés de donner leur opinion sur le circuit. On pourrait donc employer cette méthode sur des connexions soit réelles soit simulées.

Les questionnaires utilisés peuvent varier, mais en règle générale ils contiennent une échelle d'appréciation subjective. On demande aux participants d'indiquer quelle formulation qualitative correspond à leur jugement sur la qualité du circuit. On peut en outre demander aux participants s'ils ont ou non rencontré des difficultés. Dans l'affirmative, on peut leur poser d'autres questions pour définir la nature de ces difficultés, mais sans suggérer les types possibles de difficultés. Les participants sont interrogés isolément et ne doivent pas échanger leurs avis. (Réf.: Appendice 2 à l'Annexe 2 à la Question 4/XII du CCITT, Tome V du Livre Vert.)

Ces essais de conversation prennent beaucoup de temps car on laisse les participants opérer à la vitesse qui leur convient. Un des principaux problèmes rencontrés dans les expériences de ce genre est d'instaurer entre les participants une conversation aussi proche que possible de la réalité.

La méthode employée pour l'analyse des résultats est semblable à celle employée pour les essais avec échelle d'appréciation subjective. On calcule par catégorie et par groupe de catégories la note moyenne d'opinion et le pourcentage de notation. De plus, on donne le pourcentage des participants qui rencontrent soit des difficultés soit l'une quelconque des distorsions énumérées dans le questionnaire.

4.2 Méthodes pratiques

On trouvera dans l'Annexe 2 à la Question 4/XII du CCITT (Livre Vert, Tome V) la description d'une méthode permettant d'effectuer les essais de conversation. On utilise généralement une échelle d'appréciation en cinq points prévoyant par exemple les descriptions quantitatives suivantes: «Excellent», «Bon», «Assez bon», «Médiocre» et «Mauvais». Le calcul de la note moyenne d'opinion (NMO) se fait comme suit:

$$NMO = (4E + 3G + 2F + P)/N$$

où

- E*: nombre de communications jugées excellentes,
- G*: nombre de communications jugées bonnes,
- F*: nombre de communications jugées assez bonnes,
- P*: nombre de communications jugées médiocres,
- N*: nombre total de communications.

(Le nombre de communications jugées «mauvaises» reçoit un coefficient nul; il intervient dans le calcul de la NMO par son inclusion dans *N*.)

5. Dispositif expérimental

La Fig. 1 représente une simulation en laboratoire d'une communication type entre abonnés, avec des dégradations susceptibles d'être rencontrées sur une communication maritime par satellite. Dans le cas d'essais ne portant que sur l'écoute, il est impossible d'évaluer certaines de ces dégradations et on peut supprimer de la connexion simulée certains appareils tels que l'équipement de simulation du temps de propagation et les supprimeurs d'écho.

Pour des raisons d'ordre pratique, il peut être souhaitable d'effectuer séparément les essais d'écoute sur la liaison par satellite. Toutefois, il faut tirer de ces essais des conclusions prudentes; l'idéal en effet serait que ces essais tiennent compte de facteurs tels que l'affaiblissement, la distorsion et le bruit de circuit qui risquent d'agir sur le signal vocal appliqué aux modulateurs du système à satellite, à la fois à la station au sol et dans l'équipement terminal du navire. On doit en outre tenir compte aux postes d'écoute de la présence et des caractéristiques de tout bruit ambiant. Il faudrait effectuer des essais séparément dans les deux sens de transmission.

On devra calculer le bruit dû au prolongement de Terre (bruit injecté dans la communication simulée), sans perdre de vue que les prolongements de Terre sont de longueur très variable.

Pour faciliter les comparaisons au cours des essais, il est nécessaire de prévoir une communication de référence; celle-ci doit être analogue à la communication mesurée, mais la section maritime doit être remplacée par une liaison du service fixe par satellite.

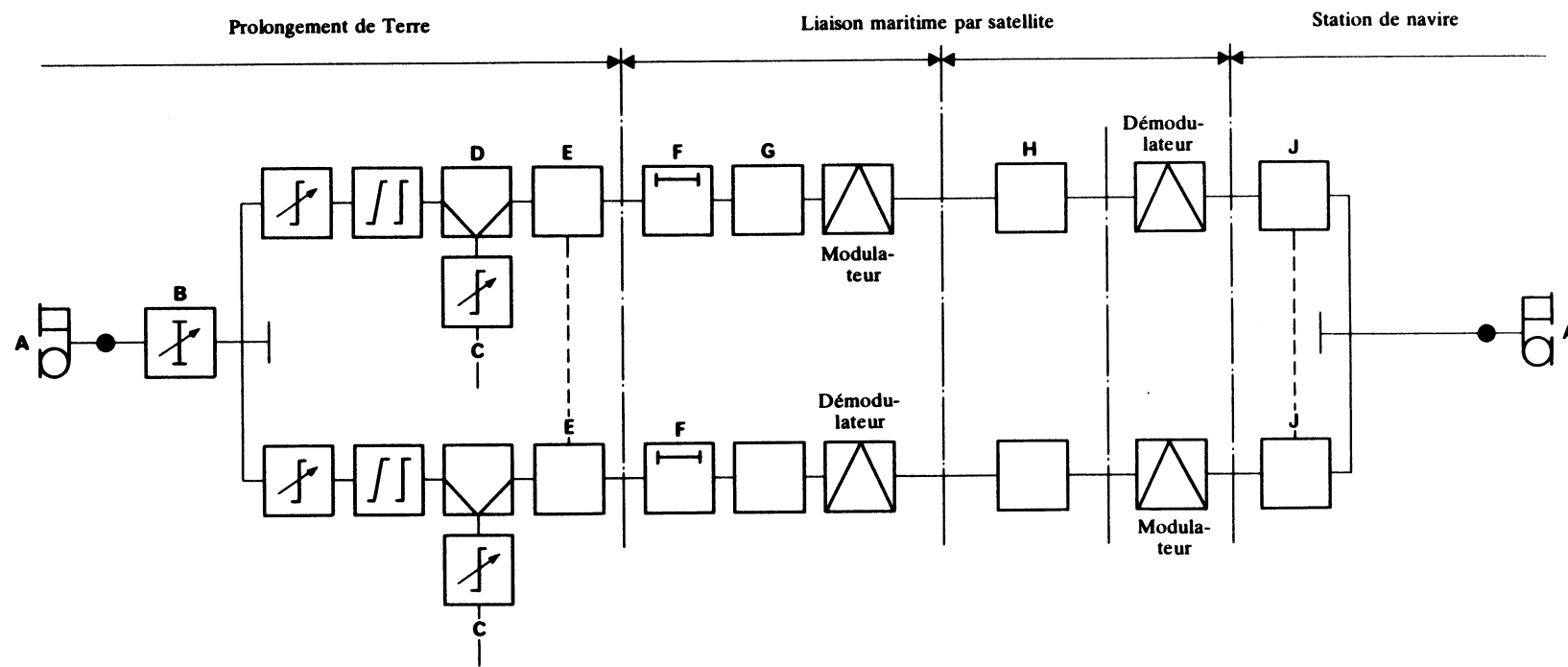


FIGURE 1 - Simulation en laboratoire d'une communication type entre abonnés

- | | | |
|--|--|--|
| A: bruit ambiant | D: ligne artificielle d'injection de bruit | G: dispositif de commande actionné par la voix |
| B: ligne artificielle de longueur variable | E: demi-suppresseur d'écho | H: simulateur du satellite |
| C: bruit | F: temps de propagation (retard) | J: demi-suppresseur d'écho |

Note. - Dans le cas d'un système téléphonique de bord à 4 fils, le terminateur 4 fils/2 fils ne sera pas nécessaire. Voir aussi la Recommandation 550 en ce qui concerne le demi-suppresseur d'écho au terminal de navire.

6. Conclusions

Les essais de conversation entre abonnés constituent la seule méthode satisfaisante pour évaluer la qualité d'une communication téléphonique empruntant un système du service mobile maritime par satellite. Ces essais sont les seuls qui puissent tenir compte des dégradations dues au temps de propagation de la liaison par satellite. Malheureusement, les essais de conversation sont difficiles et longs à effectuer; les essais ne prévoyant que l'écoute sont plus simples et ont leur place dans certains cas d'évaluation, mais ils offrent des possibilités d'emploi limitées et il faudra tenir compte de ces limitations au moment d'utiliser leurs résultats pour prendre des décisions.

Il faut en particulier admettre que les essais de netteté ne conviennent pas parfaitement à l'évaluation des communications téléphoniques ordinaires. Les méthodes d'appréciation de la netteté sont cependant applicables à des fins particulières, par exemple pour déterminer l'effet de la commutation vocale de la porteuse (troncature des syllabes initiales) et les normes de qualité pour les communications de détresse.

Pour déterminer la meilleure méthode de modulation des signaux vocaux et pour évaluer les niveaux de bruit équivalent de la liaison par satellite, il convient d'utiliser les méthodes d'écoute permettant d'apprécier la qualité globale.

On recommande donc ce qui suit:

- utiliser les essais d'écoute à titre préliminaire pour comparer les méthodes de modulation; l'idéal serait qu'ils soient effectués sur une communication complète;
- on peut utiliser les essais d'écoute pour évaluer le bruit équivalent des méthodes de modulation afin de calculer la qualité de transmission sur toute une gamme de communications complètes représentatives;
- effectuer les essais de conversation en laboratoire sur une communication simulée, de préférence sous les auspices d'une assemblée internationale;
- procéder finalement à des essais de conversation en service normal.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- MILNER, P. [juin 1973] Advantages of experienced listeners in intelligibility testing. *IEEE Trans. Audio and Electroacoustics*, Vol. AU-21, 161-165.
- MILNER, P. et GOLAB, J. [avril 1975] Intelligibility of voice transmission through a satellite relay system. *J. Acous. Soc. of Amer.*, Vol. 57, Suppl. 1, 23.

BIBLIOGRAPHIE

- KENDALL, M. G. [1974] *Rank correlation methods*, chapitres 9 et 10. Charles Griffin & Co., Ltd.
-