This electronic version (PDF) was scanned by the International Telecommunication Union (ITU) Library & Archives Service from an original paper document in the ITU Library & Archives collections.

La présente version électronique (PDF) a été numérisée par le Service de la bibliothèque et des archives de l'Union internationale des télécommunications (UIT) à partir d'un document papier original des collections de ce service.

Esta versión electrónica (PDF) ha sido escaneada por el Servicio de Biblioteca y Archivos de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) a partir de un documento impreso original de las colecciones del Servicio de Biblioteca y Archivos de la UIT.

هذه النسخة الإلكترونية (PDF) للاتصالات الدولي الاتحاد في والمحفوظات المكتبة قسم أجراه الضوئي بالمسح تصوير نتاج (ITU) والمحفوظات المكتبة قسم في المتوفرة الوثائق ضمن أصلية ورقية وثيقة من نقلاً.

此电子版（PDF版本）由国际电信联盟（ITU）图书馆和档案室利用存于该处的纸质文件扫描提供。

Настоящий электронный вариант (PDF) был подготовлен в библиотечно-архивной службе Международного союза электросвязи путем сканирования исходного документа в бумажной форме из библиотечно-архивной службы МСЭ.

© International Telecommunication Union

COMITÉ CONSULTATIF INTERNATIONAL TÉLÉPHONIQUE

C. C. I. F.

XVII[e] ASSEMBLÉE PLÉNIÈRE

GENÈVE, 4-12 OCTOBRE 1954

TOME IV

Recommandations de principe et mesures relatives à la qualité de transmission

Appareils téléphoniques

Publié par

l'UNION INTERNATIONALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS

GENÈVE 1956

COMITÉ CONSULTATIF INTERNATIONAL TÉLÉPHONIQUE
C. C. I. F.

XVII[e] ASSEMBLÉE PLÉNIÈRE

GENÈVE, 4-12 OCTOBRE 1954

TOME IV

Recommandations de principe et mesures relatives à la qualité de transmission

Appareils téléphoniques

ARCHIVES U.I.T. GENÈVE

Publié par
l'UNION INTERNATIONALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS
GENÈVE 1956

PAGE INTENTIONALLY LEFT BLANK

PAGE LAISSEE EN BLANC INTENTIONNELLEMENT

TABLE DES MATIÈRES

PREMIÈRE PARTIE

Recommandations générales relatives à la qualité de la transmission téléphonique d'une communication téléphonique internationale complète ou de la section continentale d'une communication téléphonique internationale intercontinentale

Page

1.1 Equivalent de référence 9

1.2 Indices de qualité de transmission 11

1.3 Réductions de qualité de transmission dues soit à la limitation de la bande des fréquences effectivement transmises par le circuit interurbain, soit aux bruits de circuit, soit au bruit de salle 14

1.4 Temps de propagation de groupe 17

1.5 Distorsion de phase 18

DEUXIÈME PARTIE

Recommandations relatives aux installations d'abonné, aux lignes urbaines et intermédiaires, aux centraux téléphoniques urbains et aux centraux téléphoniques interurbains manuels

2.1 Lignes et postes d'abonné 19

2.1.1 Conditions auxquelles doivent satisfaire les installations d'abonné utilisées avec des circuits internationaux 19

2.1.2 Systèmes d'enregistrement des messages ou conversations téléphoniques 20

2.1.3 Postes téléphoniques d'abonné comportant soit des récepteurs haut-parleurs, soit des microphones associés à des amplificateurs 22

2.2 Lignes urbaines, lignes intermédiaires et centraux téléphoniques urbains . . . 22

2.3 Centraux téléphoniques interurbains manuels 23

2.3.1 Positions d'opératrices 23

2.3.2 Tables de contrôle du trafic téléphonique 23

2.3.3 Dispositifs pour communications collectives 24

TROISIÈME PARTIE

Méthodes et appareils de mesure

Page

3.1 Etalons de transmission 27

3.1.1 Systèmes de référence pour la détermination des équivalents de référence 27

3.1.2 Etalonnage des systèmes de référence pour la détermination des équivalents de référence 35

A. Réglage normal du S.F.E.R.T. 35

B. Puissance vocale normale pour les mesures téléphonométriques . . 43

C. Comparaison des systèmes de référence au système fondamental de référence et intervalles de temps auxquels il faut procéder à de telles mesures 43

D. Comparaison initiale des systèmes étalons de travail au S.F.E.R.T. ou à un système de référence 43

E. Etalonnages périodiques des appareils étalons par le Laboratoire du C.C.I.F. 49

Appendice I. — Directives pour la constitution des S.E.T.A.B. 49

Appendice II. — Description d'un système S.E.T.E.D. 49

3.1.3 Système de référence pour la détermination des affaiblissements équivalents pour la netteté 54

A. Système de référence pour la détermination des A.E.N. (S.R.A.E.N.) 54

B. Appareil de référence pour la détermination des A.E.N. (A.R.A.E.N.) 56

C. Description et réglage du S.R.A.E.N. 65

3.1.4 Mesure de l'A.E.N. d'un système téléphonique commercial (à l'émission et à la réception) par comparaison avec le S.R.A.E.N. 68

Appendice I. — Méthode d'analyse statistique des résultats expérimentaux 89

Appendice II. — Formation et brassage de carrés gréco-latins 111

3.1.5 Frais relatifs à la détermination (au Laboratoire du C.C.I.F.) des valeurs d'A.E.N. (à l'émission et à la réception) d'un système téléphonique commercial 113

3.1.6 Recommandations pour l'envoi de systèmes téléphoniques commerciaux au Laboratoire du C.C.I.F. 113

3.2 Appareils de mesures objectives 116

3.2.1 Voix artificielles ; bouches artificielles ; oreilles artificielles 116

3.2.2 Volumètres 119

3.2.3 Psophomètres (appareils pour la mesure objective des bruits de circuit) 121

3.2.4 Appareils pour la mesure objective des bruits de salle 131

3.2.5 Autres appareils 132

3.3 Mesures électro-acoustiques objectives 132

3.3.1 Mesure de l'efficacité absolue d'un système émetteur et d'un système récepteur 132

3.3.2 Mesures effectuées sur les appareils téléphoniques d'abonné 134

1. Mesure de la distorsion d'affaiblissement d'un appareil téléphonique 134

2. Mesure de la distorsion de non-linéarité d'un appareil téléphonique et du bruit des microphones 134

3. Mesure objective de l'équivalent de référence et de l'équivalent de référence de l'effet local 135

Page

3.4 Mesures subjectives à la voix et à l'oreille 135
3.4.1 Mesure du volume des sons vocaux 135
3.4.2 Mesure des équivalents de référence et des équivalents relatifs 135
3.4.3 Mesure de l'équivalent de référence de l'effet local 152
3.4.4 Méthodes de détermination subjective de la qualité de transmission . . 154
1. Essais d'observation des répétitions 154
2. Essais d'appréciation immédiate 155
3. Autres méthodes 155
3.5 Méthodes d'évaluation de la qualité de transmission sur la base de mesures objectives 155
3.6 Mesures effectuées pour la maintenance des appareils téléphoniques et pour leur réception en usine 156
3.6.1 Maintenance des équipements d'abonné 156
3.6.2 Réception en usine des appareils d'abonné 158
3.7 Bibliographie concernant les sujets traités dans le tome IV du *Livre Vert* . . . 163

INDEX ALPHABÉTIQUE 171

PAGE INTENTIONALLY LEFT BLANK

PAGE LAISSEE EN BLANC INTENTIONNELLEMENT

TABLE DES MATIÈRES DU LIVRE D'ANNEXES AU TOME IV DU « LIVRE VERT »

Annexe 1. — Indice moyen des lignes intermédiaires.

Annexe 2. — Description sommaire d'une méthode employée par l'Administration britannique des téléphones pour évaluer les indices relatifs de qualité de transmission des systèmes émetteurs locaux et des systèmes récepteurs locaux employant tous les mêmes types de microphone et de récepteur téléphoniques.

Annexe 3. — Réduction de qualité de transmission due au bruit de circuit.

Annexe 4. — Réduction de qualité de transmission due au bruit de salle.

Annexe 5. — Etalonnage absolu des systèmes de référence au Laboratoire du C.C.I.F.

Annexe 6. — Méthode normalisée aux Etats-Unis d'Amérique pour l'étalonnage des récepteurs téléphoniques sur un coupleur.

Annexe 7. — Bouche, voix et oreille artificielles utilisées par l'Administration française des téléphones.

Annexe 8. — Bouche et oreille artificielles utilisées par l'Administration de la République fédérale d'Allemagne.

Annexe 9. — Oreille artificielle utilisée par l'Administration britannique des téléphones.

Annexe 10. — Bouche et oreille artificielles utilisées par l'Administration suisse des téléphones.

Annexe 11. — Indicateur de volume du S.F.E.R.T. (Volume Indicator).

Annexe 12. — Volumètre de l'A.R.A.E.N. ou « voltmètre vocal » (speech voltmeter).

Annexe 13. — Volumètre normalisé aux Etats-Unis d'Amérique, appelé v.u.mètre.

Annexe 14. — Modulomètre utilisé par la British Broadcasting Corporation.

Annexe 15. — Indicateur d'amplitude maximum du type U21 utilisé dans la République fédérale d'Allemagne.

Annexe 16. — Essais comparatifs de divers types de volumètres, effectués par l'Administration britannique des téléphones.

Annexe 17. — Appareil normalisé aux Etats-Unis d'Amérique pour la mesure objective des bruits de salle.

Annexe 18. — Méthode de réciprocité pour l'étalonnage des microphones à condensateur.

Annexe 19. — Tracé de la caractéristique de fonctionnement d'un microphone aux diverses fréquences, à l'aide de l'audiographe.

Annexe 20. — Distorsion de non-linéarité des microphones à charbon (contribution de l'Administration des téléphones de la République fédérale d'Allemagne).

Annexe 21. — Appareil pour la mesure objective des équivalents de référence utilisé par l'Administration des téléphones de la République fédérale d'Allemagne.

Annexe 22. — Appareil pour la mesure objective des équivalents de référence utilisé par l'Administration suisse des téléphones.

Annexe 23. — Méthode des essais d'appréciation immédiate.

Annexe 24. — Méthode employée par l'Administration britannique des téléphones pour une détermination subjective de la qualité de transmission téléphonique.

Annexe 25. — Méthode d'évaluation de la qualité de transmission, sur la base de mesures objectives, employée par l'Administration suisse des téléphones.

PREMIÈRE PARTIE

RECOMMANDATIONS GÉNÉRALES RELATIVES A LA QUALITÉ DE TRANSMISSION D'UNE COMMUNICATION TÉLÉPHONIQUE INTERNATIONALE COMPLÈTE OU DE LA SECTION CONTINENTALE D'UNE COMMUNICATION TÉLÉPHONIQUE INTERCONTINENTALE

1.1 ÉQUIVALENTS DE RÉFÉRENCE

Limites pratiques de l'équivalent de référence entre deux abonnés, de l'équivalent de référence du système émetteur national et de l'équivalent de référence du système récepteur national

Dans toute communication téléphonique internationale entre deux abonnés situés à l'intérieur d'un même continent, l'équivalent de référence entre les deux abonnés ne doit pas dépasser 4,6 népers ou 40 décibels.

L'équivalent de référence du système émetteur national (à partir des extrémités du circuit international) ne doit pas dépasser 2,1 népers ou 18,2 décibels.

L'équivalent de référence du système récepteur national (à partir des extrémités du circuit international) ne doit pas dépasser 1,5 néper ou 13 décibels.

Si un gain est introduit dans le centre tête de ligne internationale (par exemple par l'adjonction d'un répéteur pour compenser l'affaiblissement dans le circuit entre le centre tête de ligne internationale et le central urbain extrême), ce gain sera compris dans les équivalents de référence susmentionnés des systèmes nationaux.

Si, dans certaines interconnexions, l'équivalent nominal du circuit international est réduit d'un certain montant dans le centre tête de ligne internationale intéressé, cette réduction sera considérée comme équivalente à un gain correspondant aux systèmes nationaux.

Remarque 1. — On doit s'efforcer de faire en sorte que la limite maximum de 4,6 népers pour l'équivalent de référence entre les deux abonnés dans une communication internationale quelconque soit une limite supérieure absolue, y compris les variations de tous genres, elle doit donc comprendre aussi bien les variations

en fonction du temps que les tolérances, par rapport aux valeurs nominales, des équivalents de référence des lignes et appareils. A ce sujet, les Administrations ou Exploitations privées doivent tenir compte du fait qu'il est possible d'avoir des variations (dans un intervalle d'environ 0,35 néper ou 3 décibels) des valeurs des équivalents de référence mesurées au Laboratoire du C.C.I.F., mais on ne pense pas, pour le moment, pouvoir spécifier aucune tolérance pour les variations possibles imputables à ces causes dans l'élaboration des plans pour les réseaux téléphoniques nationaux.

Remarque 2. — Les conditions limites de transmission indiquées ci-dessus ne concernent que l'équivalent de référence (4,6 népers pour l'ensemble du système de transmission) et ne tiennent aucun compte des réductions de qualité de transmission dues aux effets du bruit et de la limitation de la bande des fréquences effectivement transmises (voir la section **1**.3 ci-après).

Limites pratiques de l'équivalent de référence entre deux opératrices ou entre une opératrice et un abonné

Dans une communication téléphonique internationale, l'équivalent de référence entre deux opératrices ou entre une opératrice et un abonné ne doit pas dépasser les valeurs contenues dans le tableau suivant :

COMMUNICATIONS ENTRE DEUX OPÉRATRICES		COMMUNICATIONS ENTRE UNE OPÉRATRICE ET UN ABONNÉ			
Equivalent de référence de la liaison entre deux opératrices		Equivalent de référence de la liaison entre une opératrice et un abonné situés à une même extrémité de la ligne internationale		Equivalent de référence de la liaison entre une opératrice et un abonné situés aux deux extrémités de la ligne internationale	
Lignes des abonnés déconnectées	Lignes des abonnés connectées	Circuit international déconnecté	Circuit international connecté	Ligne d'abonné déconnectée	Ligne d'abonné connectée
2,5 népers ou 21,8 décibels	3,3 népers ou 28,7 décibels	2,55 népers ou 22,2 décibels	2,95 népers ou 25,7 décibels	3,55 népers ou 30,9 décibels	3,95 népers ou 34,4 décibels

Remarque. — Pour s'assurer que les limites indiquées concernant les équivalents de référence ne sont pas dépassées, les Administrations et Exploitations privées peuvent utiliser diverses méthodes. Par exemple, on peut constituer des maquettes représentant respectivement les principales combinaisons d'appareils téléphoniques commerciaux d'abonné, de lignes d'abonné, de lignes auxiliaires et d'organes de centraux urbains et interurbains, chacune de ces maquettes représentant un système émetteur national complet ou un système récepteur national complet qui sont comparés, dans une mesure téléphonométrique, au Système Fondamental de Référence (S.F.E.R.T.) sans distorsion ou à un Système étalon de travail déjà comparé au S.F.E.R.T. On peut aussi se borner à mesurer l'équivalent de référence de l'appareil d'abonné dans certaines conditions spécifiées ; on ajoute à cet équivalent de référence la tolérance de réception en usine de l'appareil d'abonné considéré, les affaiblissements sur images (calculés ou mesurés

à 800 Hz) des lignes d'abonné, lignes auxiliaires et circuits reliant cet appareil au centre tête de ligne internationale, et les affaiblissements composites (mesurés ou calculés à 800 Hz sur une résistance pure de 600 ohms) des organes de centraux téléphoniques situés sur la liaison entre cet appareil et le centre tête de ligne internationale (y compris les organes du central desservant l'abonné et les organes du centre tête de ligne internationale). Mais, en tout cas, il est nécessaire de vérifier les résultats des calculs au moyen d'une mesure téléphonométrique effectuée sur des maquettes représentant les systèmes émetteur et récepteur nationaux complets les plus typiques.

1.2 INDICES DE QUALITÉ DE TRANSMISSION

a) Définitions de l'indice de qualité de transmission et de l'affaiblissement équivalent pour la netteté (A.E.N.)

Affaiblissement équivalent pour la netteté (A.E.N.) [Articulation reference equivalent (A.E.N.) (G.B.). — Equivalent articulation loss (Am.)]

Supposons que l'on fasse des essais de netteté alternés sur un système téléphonique et sur le *Système de référence pour la détermination des A.E.N. (S.R.A.E.N.)* avec des valeurs différentes de l'affaiblissement de la ligne jusqu'à des valeurs telles que la netteté sur les deux systèmes soit très notablement réduite ; les résultats de ces essais sont tracés sous forme de courbes représentant la variation de la netteté pour les sons en fonction de l'affaiblissement et l'on détermine la valeur A_1 de l'affaiblissement pour le système considéré et la valeur A_2 de l'affaiblissement pour le S.R.A.E.N. à une valeur fixée à 80 % de la netteté pour les sons.

$(A_2 - A_1)$ est par définition égal à l'*affaiblissement équivalent pour la netteté*, en abrégé A.E.N.

Indice de qualité de transmission (Transmission performance rating, relative to S.R.A.E.N.).

C'est la valeur (en décibels ou en népers) de l'affaiblissement supplémentaire qu'il faut insérer dans le *Système de référence pour la détermination des affaiblissements équivalents pour la netteté (S.R.A.E.N.)*, ou qu'il faut supprimer dans ce système, pour obtenir une qualité de transmission égale quand l'appareil considéré est, soit substitué au système de référence complet, soit ajouté à une de ses parties convenablement choisie. On convient sur le plan international de déterminer cette égalité de qualité de transmission sur la base d'essais de netteté.

b) Calcul de l'indice nominal de qualité de transmission d'un système émetteur ou récepteur national

L'indice nominal de qualité de transmission d'un système émetteur ou récepteur national est la somme des grandeurs suivantes :

1. L'indice nominal de qualité de transmission du système local (valeur moyenne en service),
2. l'indice nominal de qualité de transmission de la liaison entre le central urbain et le centre tête de ligne internationale (valeur moyenne en service).

1. Quand on désire seulement vérifier si un système émetteur ou récepteur national satisfait aux limites fixées pour le service international, au § *d* ci-après, l'indice de qualité de transmission du système local peut être confondu avec l'A.E.N. de ce système (voir la note ci-après).

L'indice nominal de qualité de transmission du système local considéré est donc égal à l'A.E.N. (articulation reference equivalent) du système comprenant un poste téléphonique typique (c'est-à-dire la valeur moyenne en service pour le type de poste considéré) relié par une ligne artificielle (représentant la ligne d'abonné réellement utilisée) à un pont d'alimentation typique de central urbain. Cette grandeur est elle-même égale à l'A.E.N. déterminé au Laboratoire du C.C.I.F., diminué d'un terme correctif si la ligne d'abonné réellement utilisée est moins défavorable que celle qui a été fournie au Laboratoire du C.C.I.F.

2. L'indice moyen en service (transmission performance rating relative to S.R.A.E.N.) de la liaison réalisée entre le central urbain et le centre tête de ligne internationale est égal à la somme des nombres suivants :

— l'équivalent des circuits interurbains entre le dernier central interurbain et le centre tête de ligne internationale, mesuré à 800 Hz augmenté de la réduction de qualité de transmission due à la limitation de la bande des fréquences effectivement transmises (voir la section **1.3** ci-après) lorsque ces circuits présentent une distorsion d'affaiblissement supérieure à celle qui est admise dans les recommandations du C.C.I.F. (voir la section **1.3.2** de la 1re partie du tome III du *Livre Vert*).

— l'indice moyen des lignes intermédiaires donné par l'expression suivante :

$$i = K \times L$$

où i = indice moyen en népers ou décibels,
L = longueur de la ligne intermédiaire en kilomètres,
K = coefficient qui dépend du type de la ligne intermédiaire considérée, en népers par kilomètre ou en décibels par kilomètre (voir l'Annexe 1 du *Livre d'annexes* au tome IV du *Livre Vert*).

— l'indice moyen d'insertion de chaque central intermédiaire. L'indice correspondant à l'insertion d'un organe de circuit électrique, qui, conformément aux recommandations du C.C.I.F. transmet effectivement les fréquences de 300 à 3400 Hz peut être calculé en prenant la moyenne arithmétique des quatre valeurs d'affaiblissement (ou gain) d'insertion de l'organe considéré mesurées à 500, 1000, 2000, 3000 Hz et exprimées en décibels ou népers. En attendant de connaître pour cet indice la (ou les) valeurs plus précises qui résulteront des mesures que chaque Administration pourra faire à ce sujet, on adoptera provisoirement la valeur de 1,0 décibel pour chaque central interurbain inséré dans la liaison.

Remarque 1. — Les bruits de circuit qui restent dans les limites fixées par les recommandations du C.C.I.F. ne sont pas pris en considération.

Remarque 2. — L'affaiblissement composite des lignes reliant les centres tête de ligne internationale aux centraux urbains doit être tel que l'équivalent de réfé-

rence du système émetteur national et l'équivalent de référence du système récepteur national restent dans les limites considérées comme compatibles avec une bonne transmission téléphonique.

Remarque 3. — Pour les projets de réseaux futurs, les lignes reliant les centres tête de ligne internationale aux centres urbains doivent être capables de transmettre effectivement la bande de fréquences allant de 300 à 3400 Hz.

La distorsion d'affaiblissement de ces lignes reliant les centres tête de ligne internationale aux centraux urbains ne doit pas accroître sensiblement la distorsion d'affaiblissement du circuit international ; en conséquence, dans le cas où les lignes sont chargées, il y a lieu de faire choix d'une fréquence de coupure suffisamment élevée.

Remarque 4. — Comme on a convenu, sur le plan international, d'évaluer l'indice de qualité de transmission en caractérisant la qualité de transmission par des mesures de netteté, les considérations suivantes précisent la relation entre l'indice de qualité de transmission et l'A.E.N. (à l'émission et à la réception) pour un système téléphonique commercial.

NOTE

Relation entre l'indice de qualité de transmission et l'A.E.N. (à l'émission et à la réception) pour un système téléphonique commercial

La variation de l'équivalent de référence de la voie d'effet local d'un poste téléphonique affecte à la fois l'efficacité à l'émission et l'efficacité à la réception de ce poste. L'effet résultant sur l'« indice de qualité de transmission » d'un système téléphonique symétrique, présentant les mêmes conditions de ligne locale d'abonné et de bruit de salle aux deux extrémités, est approximativement égal à la somme des effets séparés à l'émission et à la réception. La technique de la mesure des A.E.N. inclut la mesure directe de l'effet à la réception pour le niveau de bruit de salle utilisé dans les essais, parce que cet effet à la réception provient de l'effet de masque produit, sur les sons vocaux reçus, par le bruit de salle parvenant au récepteur téléphonique par la voie d'effet local.

Toutefois, l'effet à l'émission est dû au fait qu'une variation de l'équivalent de référence de l'effet local incite l'abonné qui parle à modifier sa puissance vocale. La mesure des A.E.N. implique l'emploi d'un « volume (de sons vocaux) » constant, et par suite ne tient pas compte de cet effet.

En principe, il conviendrait d'apporter des corrections aux valeurs mesurées d'A.E.N., pour tenir compte des effets qui se produisent en service en raison d'écarts par rapport aux conditions spécifiées pour les déterminations de ces valeurs d'A.E.N. Toutefois, quand il s'agit seulement d'évaluer la qualité de transmission de liaisons téléphoniques commerciales dont les caractéristiques correspondent à une qualité de transmission voisine de la limite admissible en service, les petites différences qui se produisent, en raison de conditions d'effet local différentes à l'émission, peuvent actuellement être négligées. On a donc convenu de définir arbitrairement, à titre provisoire, la correction due à l'influence de l'effet local à l'émission comme étant pratiquement nulle.

Les Administrations ou Exploitations privées qui désirent établir les projets de transmission, dans leur réseau national, sur la base des indices de qualité de transmission trouveront, dans l'Annexe 2 du *Livre d'annexes* au tome IV du *Livre Vert*, des indications sur les corrections à apporter aux valeurs d'A.E.N. pour tenir compte de cet effet local à l'émission.

c) Détermination des A.E.N.

Le système de référence pour la détermination des A.E.N. (S.R.A.E.N.) et la méthode de détermination des A.E.N. de systèmes téléphoniques commerciaux au Laboratoire du C.C.I.F. sont décrits dans les sections **3.**1.3 et **3.**1.4 ci-après.

d) Limites de l'indice de qualité de transmission entre deux abonnés, de l'indice de qualité de transmission du système émetteur national et de l'indice de qualité de transmission du système récepteur national

Il est très désirable que, pour 90% des communications internationales, l'indice nominal de qualité de transmission total, d'abonné à abonné, ne dépasse pas 49 décibels (5,65 népers). A titre provisoire, cette limite se décompose de la façon suivante :

Pour 90% des communications internationales :

— l'indice nominal de qualité de transmission du système émetteur national ne doit pas dépasser 24 décibels (2,77 népers),

— l'indice nominal de qualité de transmission du système récepteur national ne doit pas dépasser 18 décibels (2,07 népers).

On suppose ci-dessus que l'indice de qualité de transmission nominal du circuit international ne dépasse pas 0,8 néper ou 7 décibels. Cet indice de qualité de transmission nominal est égal à l'équivalent nominal à 800 Hz du circuit (défini comme dans la section **1.**1 ci-dessus), affecté s'il y a lieu d'une réduction de qualité de transmission (voir la section **1.**3 ci-après). Cette limite ne tient pas compte des variations de l'équivalent du circuit international, par rapport à sa valeur nominale, en fonction du temps.

Remarque 1. — Les limites (24 décibels et 18 décibels) pour les systèmes nationaux, à l'émission et à la réception, ne comprennent pas les variations probables, en fonction du temps, des équivalents des circuits interurbains qui entrent dans la constitution du système national.

Remarque 2. — Ces limites sont applicables aux valeurs d'A.E.N. qui se déduisent des valeurs déterminées, pour un système local, au Laboratoire du C.C.I.F. comme il est indiqué dans la section **3.**1.4 ci-après, avec en particulier un bruit de salle à la réception de 60 décibels pour les systèmes commerciaux et un bruit de fond électrique (caractérisé par une force électromotrice psophométrique de 2 millivolts) injecté à l'entrée du système récepteur du S.R.A.E.N.

1.3 RÉDUCTIONS DE QUALITÉ DE TRANSMISSION

a) Réduction de qualité de transmission due à la limitation de la bande des fréquences effectivement transmises par le circuit interurbain

On a effectué aux Etats-Unis d'Amérique des observations des répétitions dans des conversations et l'on a effectué des mesures de netteté dans divers laboratoires nationaux, ainsi qu'au Laboratoire du C.C.I.F. Les résultats obtenus

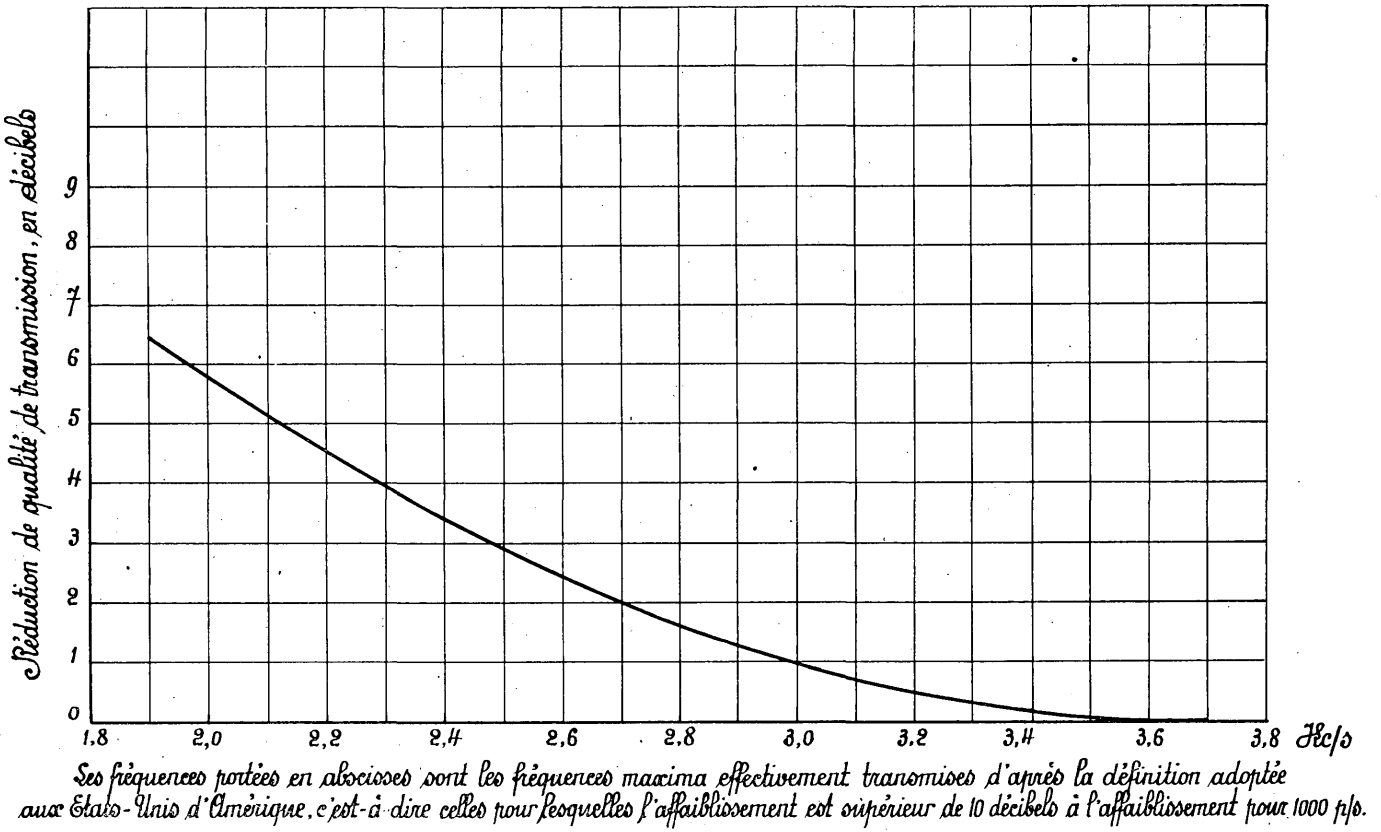


FIGURE 1. — *Réduction de qualité de transmission due à la limitation de la bande des fréquences effectivement transmises*

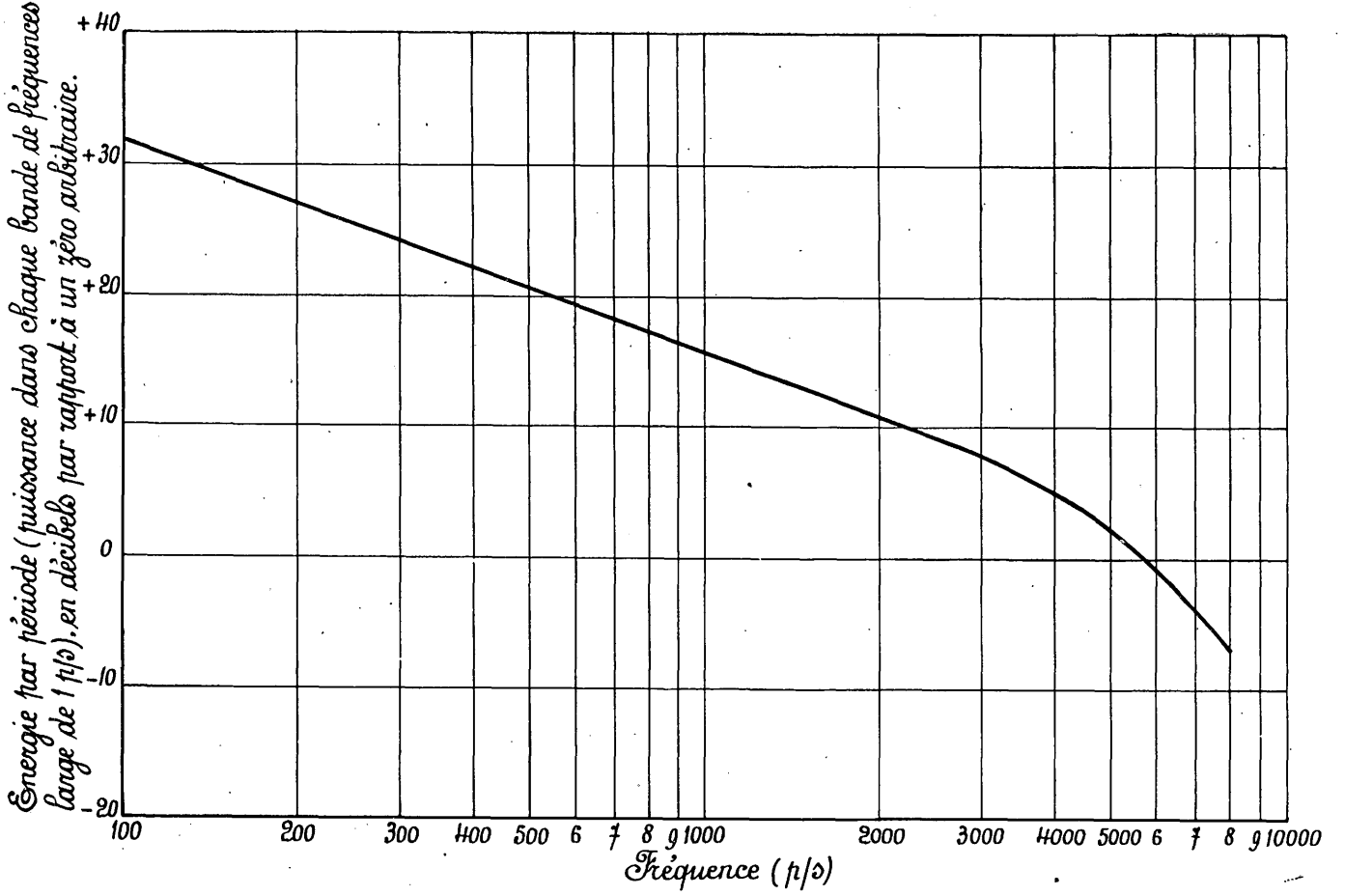


FIGURE 2. — *Courbe spectrale énergétique du bruit de salle produit dans la cabine d'écoute du Laboratoire du C.C.I.F.*

Cette courbe est conforme à la courbe spectrale énergétique moyenne des bruits observés dans les locaux où se trouvent des postes téléphoniques, publiée par Hoth.

ont permis de tracer la courbe moyenne de la figure 1 pour évaluer la réduction de qualité de transmission causée par la limitation de la bande des fréquences effectivement transmises par un circuit interurbain.

Cette courbe a pour équation $y = 2(3{,}7 - f)^2$, où y est la réduction de qualité de transmission (en décibels) due à la limitation de la bande des fréquences effectivement transmises, et f est la fréquence (exprimée en kHz) pour laquelle l'équivalent du circuit dépasse de 10 décibels l'équivalent pour 1000 Hz.

Remarque. — La réduction de qualité de transmission due à la limitation de la bande des fréquences effectivement transmises, pour une chaîne de circuits interurbains nationaux ou pour une liaison entre deux centres tête de ligne internationale comportant plusieurs circuits internationaux, ne s'obtient pas en additionnant les réductions de qualité de transmission individuelles. C'est la réduction de qualité de transmission du circuit qui transmet effectivement la bande de fréquences la plus étroite qu'il faut prendre en considération.

b) Réduction de qualité de transmission due au bruit de circuit

Cette question est à l'étude au sein du C.C.I.F.

En attendant les résultats de cette étude, il est signalé que l'Annexe 3 du *Livre d'annexes* au tome IV du *Livre Vert* donne des renseignements sur une méthode d'évaluation de la « réduction de qualité de transmission due au bruit de circuit ».

c) Réduction de qualité de transmission due au bruit de salle

La méthode de mesure des A.E.N. fait intervenir l'effet du bruit de salle * de 60 db (spectre de Hoth), à la réception, en outre ; l'Annexe 4 du *Livre d'annexes* au tome IV du *Livre Vert* donne des renseignements sur la méthode d'évaluation de la « réduction de qualité de transmission due au bruit de salle » utilisée aux Etats-Unis d'Amérique.

1.4 TEMPS DE PROPAGATION DE GROUPE

Il y a lieu, dans une communication continentale, de limiter le temps de propagation entre les deux abonnés à une valeur fixée provisoirement à 250 millisecondes (temps de propagation de groupe mesuré à une fréquence d'environ 800 Hz).

---

* La courbe spectrale énergétique du bruit de salle utilisée dans les mesures d'A.E.N. est donnée par la figure 2. Les articles suivants fournissent des renseignements sur les bruits de salle dans les locaux où se trouvent des postes téléphoniques commerciaux :

1. A Room-noise survey of business subscribers telephone locations. *B.P.O. Research Report*, nº 8990 — 1935.
2. Room-noise at telephone locations. D. F. SEACORD, *Electrical Engineering*, Part 1, 58, 255, 1939.
3. Room-noise spectra at subscribers telephone location. D. F. HOTH, *Journal of the Acoustical Society of America*, 12, 499, 1941.

Pour atteindre ce but, le temps de propagation de groupe sur chacun des systèmes émetteur ou récepteur nationaux ne doit pas dépasser 50 millisecondes, et le temps de propagation de groupe sur le circuit international ou sur l'ensemble des circuits internationaux ne doit pas dépasser 150 millisecondes.

Ces nombres représentent des valeurs maxima ; mais on prendra comme base, pour l'établissement du Plan général d'interconnexion, les valeurs de 50 millisecondes pour chacun des systèmes émetteur et récepteur nationaux et 100 millisecondes pour l'ensemble des deux circuits internationaux entrant dans la communication internationale de transit type.

Il est désirable, dans une communication intercontinentale, de limiter, chaque fois que les conditions économiques le permettent, le temps de propagation de groupe sur la liaison comprise, à l'intérieur du continent européen, entre l'abonné et les bornes du circuit intercontinental, à une valeur fixée provisoirement à 100 millisecondes.

A ce sujet, il est recommandable d'utiliser à l'avenir dans les artères principales du réseau international des circuits à grande vitesse de transmission.

Remarque. — Le « temps de propagation de groupe » dont il s'agit ici est la dérivée, par rapport à la pulsation ω, du déphasage (du circuit ou de la chaîne de circuits) pour la fréquence f considérée (la pulsation est le produit de la fréquence f par 2π). Ce « temps de propagation de groupe » est le temps que met pour parcourir le circuit (ou la chaîne de circuits) une crête de l'enveloppe d'un groupe de deux ondes sinusoïdales de pulsations très voisines ω et $(\omega + d\omega)$.

1.5 DISTORSION DE PHASE

De manière générale, la distorsion de phase des circuits internationaux et des circuits interurbains nationaux (y compris leurs organes d'équipement) doit être telle que les différences entre temps de propagation de groupe ne dépassent pas les valeurs suivantes * :

Différence admissible entre la valeur minimum du temps de propagation de groupe dans toute la bande des fréquences à transmettre et le temps de propagation de groupe à la :

	Limite inférieure nominale de la bande des fréquences à transmettre	Limite supérieure nominale de la bande des fréquences à transmettre
1. *Cas d'une communication continentale*		
Sur la section internationale de la communication . . .	10 millisecondes	5 millisecondes
Sur chacune des sections nationales	20 millisecondes	10 millisecondes
Soit sur l'ensemble des communications	50 millisecondes	25 millisecondes
2. *Cas d'une communication intercontinentale*		
Sur la section comprise entre l'abonné et l'origine du circuit intercontinental	30 millisecondes	15 millisecondes

* *Recommandation provisoire.* — Il est possible que ces limites ne puissent être respectées dans le cas de communications ayant une longueur totale très grande ou comportant un grand nombre de modulations ou de démodulations.

DEUXIÈME PARTIE

RECOMMANDATIONS RELATIVES AUX INSTALLATIONS D'ABONNÉ AUX LIGNES URBAINES ET INTERMÉDIAIRES AUX CENTRAUX TÉLÉPHONIQUES URBAINS ET AUX CENTRAUX TÉLÉPHONIQUES INTERURBAINS MANUELS

2.1 LIGNES ET POSTES D'ABONNÉ

2.1.1 Conditions auxquelles doivent satisfaire les installations d'abonné utilisées avec des circuits internationaux loués temporairement pour un service privé

Le C.C.I.F. étudie actuellement les conditions imposées de façon générale à l'efficacité des systèmes émetteurs et des systèmes récepteurs locaux. En attendant les résultats de cette étude, les Administrations et Exploitations privées doivent se référer à la recommandation ci-après qui fixe les conditions auxquelles doivent satisfaire les installations d'abonné utilisées avec des circuits internationaux loués temporairement pour un service privé.

LE COMITÉ CONSULTATIF INTERNATIONAL TÉLÉPHONIQUE,

Considérant,

Que les postes reliés à une voie de communication téléphonique internationale louée ne doivent, en aucun cas, être des postes mis habituellement à la disposition du public et que la ligne ne doit être, en aucune manière, cédée à des tiers,

Emet, à l'unanimité, l'avis :

Qu'il est désirable que les circuits loués aboutissent, chez les abonnés, à des installations dont l'équipement interdise d'utiliser ces circuits dans des conditions autres que celles prévues dans le contrat de location ;

Considérant, d'autre part,

Que les liaisons établies au moyen de circuits loués doivent satisfaire aux mêmes conditions électriques que les liaisons commerciales entre abonnés,

Emet, à l'unanimité, l'avis :

1. Qu'il est désirable de recommander aux Administrations et Exploitations privées de ne pas autoriser, autant que possible, l'emploi de microphones fournissant une puissance supérieure à la puissance fournie par les microphones normaux, non plus que l'emploi de récepteurs spéciaux ;

2. Qu'il est désirable de recommander aux Administrations et Exploitations privées de se réserver la possibilité de vérifier, au moyen de volumètres, que le volume transmis sur les circuits téléphoniques loués n'atteint pas une valeur excessive ;

3. Que, dans le cas où les Administrations et Exploitations privées autoriseraient l'emploi d'amplificateurs de réception, il est désirable que le gain fourni par ces appareils soit limité de manière à ne pas permettre à l'usager de capter, par diaphonie, les communications échangées sur les circuits voisins ;

4. Qu'il serait désirable que les recommandations ci-dessus fussent appliquées à tous les postes téléphoniques échangeant des communications internationales, ainsi qu'à tous les circuits téléphoniques internationaux.

2.1.2 Systèmes d'enregistrement des messages ou conversations téléphoniques

LE COMITÉ CONSULTATIF INTERNATIONAL TÉLÉPHONIQUE,

Considérant,

Que seules les Administrations ou Exploitations privées téléphoniques sont en mesure d'apprécier l'opportunité d'admettre dans leurs réseaux respectifs des systèmes d'enregistrement des messages ou conversations téléphoniques ;

Qu'au cas où certaines Administrations ou Exploitations privées auraient décidé cette admission, elles auraient intérêt à connaître les clauses techniques essentielles à imposer à de tels systèmes d'enregistrement ;

Emet, à l'unanimité, l'avis :

Que les caractéristiques techniques essentielles qu'on peut recommander pour les systèmes d'enregistrement des messages ou conversations téléphoniques sont les suivants :

Les systèmes d'enregistrement des messages ou conversations téléphoniques peuvent trouver trois applications :

a) Un tel système peut servir d'auxiliaire dans une installation téléphonique pour enregistrer la conversation échangée par l'abonné demandeur avec son correspondant ;

b) Un tel système peut aussi, en l'absence de l'abonné demandé, enregistrer le message d'un correspondant, après avoir signalé par une phrase convenable que l'abonné demandé est absent, mais que l'enregistrement de la conversation va avoir lieu ;

c) Un tel système peut être utilisé sur les tables de contrôle du trafic téléphonique dans les centraux téléphoniques urbains ou interurbains.

Pour que de tels appareils n'apportent aucune gêne au service technique et ne nuisent pas à la qualité de la transmission, il est désirable qu'ils remplissent un certain nombre de conditions qui sont énumérées ci-après ; on a mentionné chaque fois les conditions qui sont, non pas générales, mais particulières à un des modes d'utilisation.

1. Impédance d'entrée. — L'impédance d'entrée du système d'enregistrement, branché en dérivation sur une communication où s'écoule une conversation, doit être assez grande, à toutes les fréquences supérieures à 300 Hz, pour que l'affaiblissement d'insertion ne dépasse pas 0,5 décibel pour toute amplitude du courant vocal susceptible de se produire au cours d'une conversation.

Lorsque le système d'enregistrement est, en l'absence de l'abonné, substitué au poste, il doit présenter une impédance d'entrée voisine de celle du poste d'abonné auquel il est substitué.

2. Le système d'enregistrement doit être construit avec une bonne symétrie par rapport à la terre, de manière à éviter que son raccordement à la ligne ne cause la production ou le renforcement de bruits perturbateurs dans le circuit téléphonique ; de plus, les tensions d'alimentation de l'enregistreur ne doivent pas produire de perturbations dans le circuit téléphonique.

3. Il doit y avoir, entre le bruit de fond de ce système d'enregistrement et son point de surcharge, une marge suffisante pour que le son vocal le plus faible à enregistrer soit au moins de 20 décibels au-dessus du bruit de fond. A titre d'alternative, le système d'enregistrement peut comporter un « compresseur de volume » qui, d'une part, amplifie les sons vocaux très faibles, de manière qu'ils puissent, pour l'enregistrement, avoir un niveau de 20 décibels au-dessus du bruit de fond du système d'enregistrement, mais qui, d'autre part, affaiblit les sons vocaux très élevés, de manière qu'ils ne causent pas de surcharge lors de l'enregistrement.

4. Le système d'enregistrement doit reproduire, avec une netteté suffisante eu égard à la qualité des systèmes téléphoniques et avec une intensité acoustique subjective comparable à celle que donnerait un récepteur téléphonique branché sur le même circuit, une conversation enregistrée dans le cas d'un équivalent total de référence, d'abonné à abonné, tel que l'affaiblissement entre bornes des deux postes d'abonné soit de 3,3 népers.

5. Afin de conserver le secret des conversations téléphoniques, une conversation enregistrée avec le gain le plus grand possible ne doit plus être intelligible lorsque le volume des sons vocaux est inférieur de 55 décibels au moins au volume de référence.

6. Si le système d'enregistrement comporte, après l'amplificateur, un dispositif d'écoute pour surveiller l'enregistrement de la conversation en présence de l'abonné, on doit, afin d'éviter des couplages acoustiques dans ce dispositif

d'écoute, n'employer qu'un récepteur serre-tête, ce récepteur serre-tête devant être relié, à travers un affaiblissement fixe, de telle manière qu'il procure une intensité acoustique subjective au plus égale à celle que donnerait le récepteur de l'appareil téléphonique d'abonné branché sur la ligne.

7. Dans le cas d'un système d'enregistrement qui, en l'absence de l'abonné demandé, se substitue automatiquement au poste de l'abonné, il est nécessaire que ce système transmette un signal de réponse à l'appel et ensuite donne une indication parlée (film ou disque par exemple) pour faire connaître à l'abonné demandeur que son correspondant est absent, mais qu'un appareil est prêt à enregistrer un message. L'émission de cette indication doit se faire avec un volume qui ne dépasse pas les valeurs normalement rencontrées dans les conversations téléphoniques.

Remarque. — Ce point fait l'objet d'une étude nouvelle au sein de la 6me Commission d'études du C.C.I.F.

8. Afin de pouvoir facilement déconnecter le système d'enregistrement quand il est affecté d'un dérangement et, par suite, éviter de perturber ainsi la conversation téléphonique, il peut être utile de prévoir une clé pour la rupture bipolaire du circuit de connexion ; d'autre part, en vue de limiter les risques dans le cas où une rupture diélectrique se produirait entre les circuits d'alimentation du système d'entrée et les fils de raccordement, il convient d'insérer des dispositifs de protection conformes aux principes généraux en usage dans les pays intéressés. Enfin, afin d'empêcher la production d'un signal d'appel dans le bureau téléphonique lors du raccordement du système par la manœuvre de la clé de rupture, il faut insérer, sur chaque branche du circuit, soit un condensateur ayant une capacité maximum appropriée et déterminée pour éviter de perturber les impulsions engendrées par les cadrans d'appel automatiques, soit tout autre dispositif permettant d'atteindre ce but.

9. L'agencement général des systèmes d'enregistrement doit être adapté aux conditions générales des installations où ces systèmes d'enregistrement doivent prendre place.

2.1.3 Postes téléphoniques d'abonné comportant, soit des récepteurs haut-parleurs soit des microphones associés à des amplificateurs

Cette question est à l'étude au sein du C.C.I.F.

2.2 LIGNES URBAINES, LIGNES INTERMÉDIAIRES ET CENTRAUX TÉLÉPHONIQUES URBAINS

Le C.C.I.F. étudie actuellement (au sein de la 4me Commission d'études) les conditions particulières auxquelles doivent satisfaire ces éléments de réseaux indépendamment des conditions générales recommandées dans la 1re partie ci-dessus.

2.3 CENTRAUX TÉLÉPHONIQUES INTERURBAINS MANUELS

2.3.1 Positions d'opératrices

LE COMITÉ CONSULTATIF INTERNATIONAL TÉLÉPHONIQUE,

Considérant,

Qu'il y a lieu de réduire autant que possible les perturbations causées par les bruits de salle ainsi que les affaiblissements d'insertion causés par les postes d'opératrices,

Emet, à l'unanimité, l'avis :

1. Que les postes d'opératrice utilisés dans le service téléphonique international soient munis d'un dispositif permettant de mettre le microphone hors circuit, ce dispositif étant de préférence une clé de commutation ;

2. Que le poste d'une opératrice participant au service téléphonique international ne cause pas, dans la position d'écoute silencieuse (microphone hors circuit), un affaiblissement d'insertion supérieur à 0,05 néper ou 0,43 décibel pour une fréquence quelconque comprise entre 300 et 3400 Hz. Pour réduire suffisamment cet affaiblissement d'insertion (en assurant toutefois à l'opératrice une audition suffisante), on peut intercaler, dans la position d'écoute silencieuse, en série avec le récepteur de l'opératrice, une impédance convenable, ou encore on peut réaliser la liaison entre le récepteur de l'opératrice et le circuit téléphonique au moyen d'un transformateur ayant un rapport de transformation suffisamment élevé.

Remarque 1. — Il faut éviter que les courants vocaux émis par les opératrices surchargent les amplificateurs ou les modulateurs des systèmes à courants porteurs. La construction des postes d'opératrices et des équipements associés doit être telle que, dans les conditions du service, les opératrices ne produisent pas un volume des sons vocaux supérieur à celui d'un abonné situé tout près du bureau interurbain considéré. Quand des Administrations ou Exploitations privées mettront en service un nouveau type de poste d'opératrice, il faudra vérifier qu'il en est bien ainsi.

Remarque 2. — Dans une communication téléphonique internationale, les positions d'opératrices doivent, en ce qui concerne l'équivalent de référence entre deux opératrices ou entre une opératrice et un abonné, ne pas dépasser les limites spécifiées dans la section **1.1** ci-dessus.

2.3.2 Tables de contrôle du trafic téléphonique

LE COMITÉ CONSULTATIF INTERNATIONAL TÉLÉPHONIQUE,

Emet, à l'unanimité, l'avis :

1. Que l'équipement de la table de contrôle doit permettre à la surveillante qui dessert cette table :

a) de se porter en écoute sur les circuits,
b) de se porter en écoute sur les postes des opératrices,
c) de se porter en écoute sur les lignes d'ordres,
d) d'entrer en relation avec les surveillantes de section ;

2. Que la table de contrôle doit être pourvue d'un chronomètre ;

3. Que l'équipement de la table de contrôle et le montage des postes d'opératrice doivent être tels qu'aucun indice d'aucune nature ne puisse révéler à une opératrice qu'elle est l'objet d'une surveillance de la part de la table de contrôle :

4. Que, dans le cas où la téléphoniste interurbaine effectue la sélection d'un abonné ou d'un central par voie automatique, l'équipement de la table de contrôle doit permettre de vérifier l'exactitude des impulsions de commande.

LE COMITÉ CONSULTATIF INTERNATIONAL TÉLÉPHONIQUE,

Considérant, d'autre part,

Que la surveillance effectuée sur un circuit déterminé par la table de contrôle a, en général, un caractère prolongé et que les tables de contrôle des bureaux tête de ligne internationale exercent simultanément cette surveillance ; que, par conséquent, il convient, au point de vue de l'affaiblissement d'insertion produit par la surveillance, d'être plus sévère dans le cas de la surveillance exercée à partir de la table de contrôle que dans le cas de la surveillance exercée par une opératrice,

Emet, à l'unanimité, l'avis :

1. Que l'affaiblissement d'insertion produit par la surveillance exercée par la table de contrôle sur un circuit ou sur un poste d'opératrice ne doit, en aucun cas, dépasser la valeur de 0,03 néper ou 0,26 décibel, pour une fréquence quelconque effectivement transmise par les circuits interurbains (fréquence comprise entre 300 et 3400 Hz) ;

2. Qu'il est, d'ailleurs, désirable de réduire l'affaiblissement d'insertion produit par la surveillance à une valeur aussi faible que possible, par exemple en utilisant, si besoin est, un amplificateur.

2.3.3 **Dispositifs pour communications collectives**

Les dispositifs pour communications collectives doivent satisfaire aux recommandations provisoires suivantes :

a) *Etablissement et surveillance de la communication collective*

La surveillance et la détermination de la durée taxable d'une communication collective doivent toujours incomber à une opératrice interurbaine spéciale appartenant à celui des centraux où se trouvent installés des dispositifs pour communications collectives qui, par suite d'un accord entre les Administrations et Exploitations privées téléphoniques intéressées, joue le rôle de central directeur ;

L'insertion des dispositifs pour communications collectives doit se faire, à la volonté des opératrices interurbaines des bureaux intéressés, sur la demande de cette opératrice interurbaine spéciale, par un procédé rapide, soit automatique, soit manuel (l'intermédiaire manuelle, si elle existe, ne jouant aucun rôle dans l'exploitation) ;

Cette opératrice interurbaine spéciale dispose, sur sa position, des organes nécessaires pour appeler individuellement les divers bureaux interurbains intéressés, pour recevoir les signaux de fin, pour relier aux circuits intéressés, à la manière normale, des abonnés du réseau local, et pour surveiller la communication collective.

b) *Dispositif de couplage pour l'interconnexion de plusieurs circuits téléphoniques internationaux à grande distance et de plusieurs circuits locaux*

Le dispositif de couplage pour communications collectives doit permettre d'interconnecter des circuits à deux fils et à quatre fils, sans rien changer dans l'établissement des circuits : le dispositif de couplage doit permettre également de connecter aux circuits internationaux des lignes d'abonné à deux fils ou à quatre fils ;

L'équivalent mesuré à la fréquence 800 Hz de deux circuits internationaux interconnectés au moyen du dispositif de couplage ne doit pas dépasser 1,3 néper ou 11,3 décibels ;

L'équivalent de référence d'une communication collective entre deux abonnés quelconques ne doit pas dépasser la valeur qui est prescrite pour une communication normale (voir la section **1.1** ci-dessus) ;

La distorsion d'affaiblissement supplémentaire introduite par le dispositif de couplage dans les différentes voies de communication doit être aussi réduite que possible ;

Le dispositif de couplage ne doit pas diminuer notablement la stabilité des circuits interconnectés ;

Au cas où l'on emploie des microphones et des haut-parleurs spéciaux dans les postes d'abonné, on doit utiliser de préférence des lignes distinctes pour l'émission et pour la réception et on doit prendre des mesures pour éviter l'effet de couplage acoustique entre microphones et haut-parleurs ;

La puissance fournie par les microphones et les amplificateurs spéciaux placés dans les installations d'abonné ne doit pas dépasser la puissance fournie par les microphones normaux des postes d'abonné afin d'éviter une surcharge des répéteurs en circuit ;

A un poste récepteur quelconque, les puissances provenant des différents postes émetteurs doivent être sensiblement égales.

PAGE INTENTIONALLY LEFT BLANK

PAGE LAISSEE EN BLANC INTENTIONNELLEMENT

TROISIÈME PARTIE

MÉTHODES ET APPAREILS DE MESURE

3.1 ÉTALONS DE TRANSMISSION

3.1.1 Systèmes de référence pour la détermination des équivalents de référence

Il existe trois types de systèmes pour la détermination des équivalents de référence. Ces trois types doivent répondre aux conditions indiquées ci-après, et ils sont désignés sous les dénominations suivantes :

I. Système Fondamental de Référence pour la Transmission Téléphonique (en abrégé, on désigne le Système Fondamental Européen de Référence par S.F.E.R.T.) (Master telephone transmission reference system) ;

II. Systèmes de référence pour la transmission téléphonique (Telephone transmission reference system) ;

III. Systèmes étalons de travail (Working standards).

CONDITIONS QUE DOIVENT REMPLIR LES SYSTÈMES DE RÉFÉRENCE POUR LA DÉTERMINATION DES ÉQUIVALENTS DE RÉFÉRENCE

I. *Le Système Fondamental de Référence pour la Transmission téléphonique* (master telephone transmission reference system). Ce système est défini d'une façon rigoureuse dans des documents conservés au Secrétariat général du C.C.I.F. et au Laboratoire du C.C.I.F. En outre, le document polycopié intitulé « Projet d'instruction sommaire pour l'utilisation et la maintenance du Laboratoire du C.C.I.F. » donne des renseignements sur ce système et sur ses conditions d'emploi.

Le schéma de montage du Système Fondamental de Référence pour la transmission téléphonique est reproduit dans les figures 3 et 4 ci-après et montre la constitution du système émetteur et du système récepteur dans lesquels on peut à volonté introduire des réseaux distorsifs déterminés, en agissant sur les commutateurs C_1 et C_2.

II. *Les systèmes de référence pour la transmission téléphonique* (telephone transmission reference system). Chacun de ces systèmes se compose d'un système émetteur, d'une ligne artificielle et d'un système récepteur satisfaisant aux conditions ci-après :

1. — *Système émetteur*

Définition de la puissance acoustique (acoustic input) fournie au microphone. — Pour simplifier la définition du système de référence, il paraît convenable de prendre comme base, non la puissance acoustique, mais la pression acoustique. En conséquence, on choisira comme mesure de l'efficacité du système émetteur le rapport entre la tension électrique existant au début de la ligne artificielle du système de référence et la pression acoustique exercée sur la membrane du microphone. Ceci exige que l'on fixe, non seulement les dimensions extérieures essentielles du microphone, mais aussi son mode d'emploi (voir ci-après).

La figure 5 ci-après indique les dimensions qui définissent la « distance normale de conversation » employée dans les mesures d'équivalents de référence effectuées avec le S.F.E.R.T.

Méthode pour mesurer la pression acoustique appliquée au diaphragme du microphone. — Pour la mesure de cette pression acoustique, on peut admettre l'emploi d'une quelconque des méthodes connues et sûres (par exemple : thermophone, disque de Rayleigh, méthodes de compensation des pressions acoustiques). Le C.C.I.F. étudie la possibilité d'employer également la méthode dite « de réciprocité » pour mesurer l'efficacité des microphones à condensateur. (Voir la section **3**.3.1 ci-après.)

La méthode actuellement employée au Laboratoire du C.C.I.F. est décrite dans l'Annexe 5 du *Livre d'annexes* au tome IV du *Livre Vert.*

Pression acoustique maximum admissible pour lequelle doit être construit le microphone. — La pression acoustique maximum admissible sur le diaphragme du microphone dépend de la distorsion de non-linéarité admissible. L'expérience a montré que, pour des sons d'une intensité normale, l'emploi des types de microphones et de récepteurs spécifiés ci-après et associés à des amplificateurs convenables ne conduit à aucune distorsion de non-linéarité gênante.

Valeur de l'impédance de sortie du système émetteur. — Pour que les corrections qu'il est parfois nécessaire d'apporter aux indications des appareils de mesure soient toujours positives, il paraît convenable de fixer à 600 ohms (résistance pure) la valeur de l'impédance de sortie du système émetteur. Des écarts inférieurs à $\pm 5°$ sur la valeur du module, et à $\pm 10°$ sur la valeur de l'argument, sont admissibles pour toutes les fréquences comprises entre 100 et 5000 Hz.

Réglage de l'efficacité du système émetteur. — L'efficacité du système émetteur doit pouvoir être réglée par échelons de 0,02 néper ou 0,2 décibel au plus, entre les limites -1 et $+1$ néper (ou -10 et $+10$ décibels).

Rapport entre la tension électrique et la pression acoustique (prises respectivement à la sortie et à l'entrée du système émetteur) définissant le point 0 *du système émetteur.* — Le point 0 du système émetteur doit être voisin du point 0 des systèmes étalons commerciaux généralement utilisés. (Voir ci-après, sous **3**.1.2.A « Réglage normal du S.F.E.R.T. ».)

Bande de fréquences dans laquelle ce rapport doit demeurer constant. Variations tolérables de ce rapport dans cette bande de fréquences. — Les variations de ce rapport ne doivent pas être supérieures à $\pm 0{,}2$ néper ou ± 2 décibels dans la bande des fréquences comprises entre 100 et 5000 Hz.

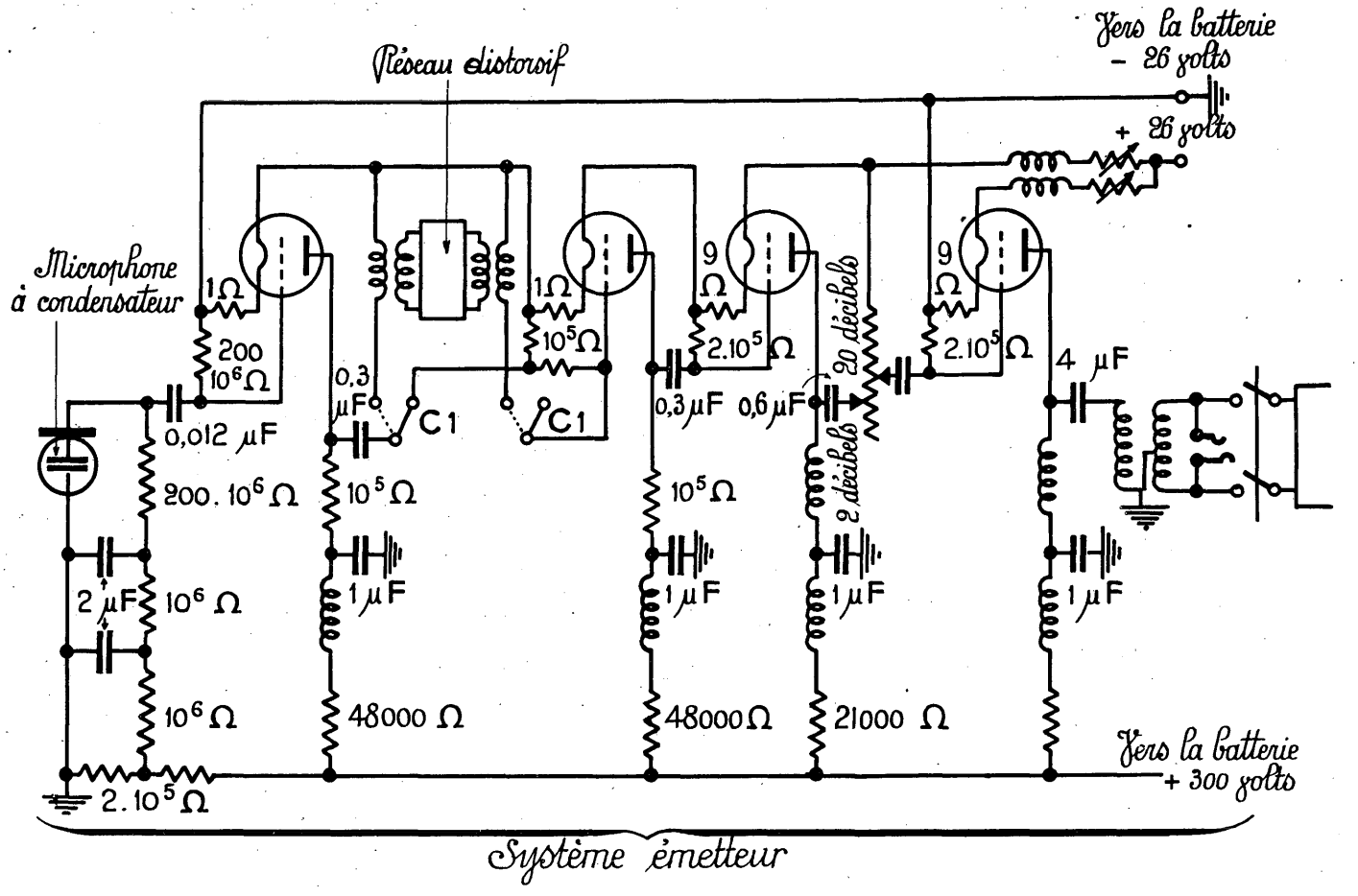


FIGURE 3. — *Schéma de montage du Système Fondamental Européen de Référence pour la Transmission téléphonique (S.F.E.R.T.)*

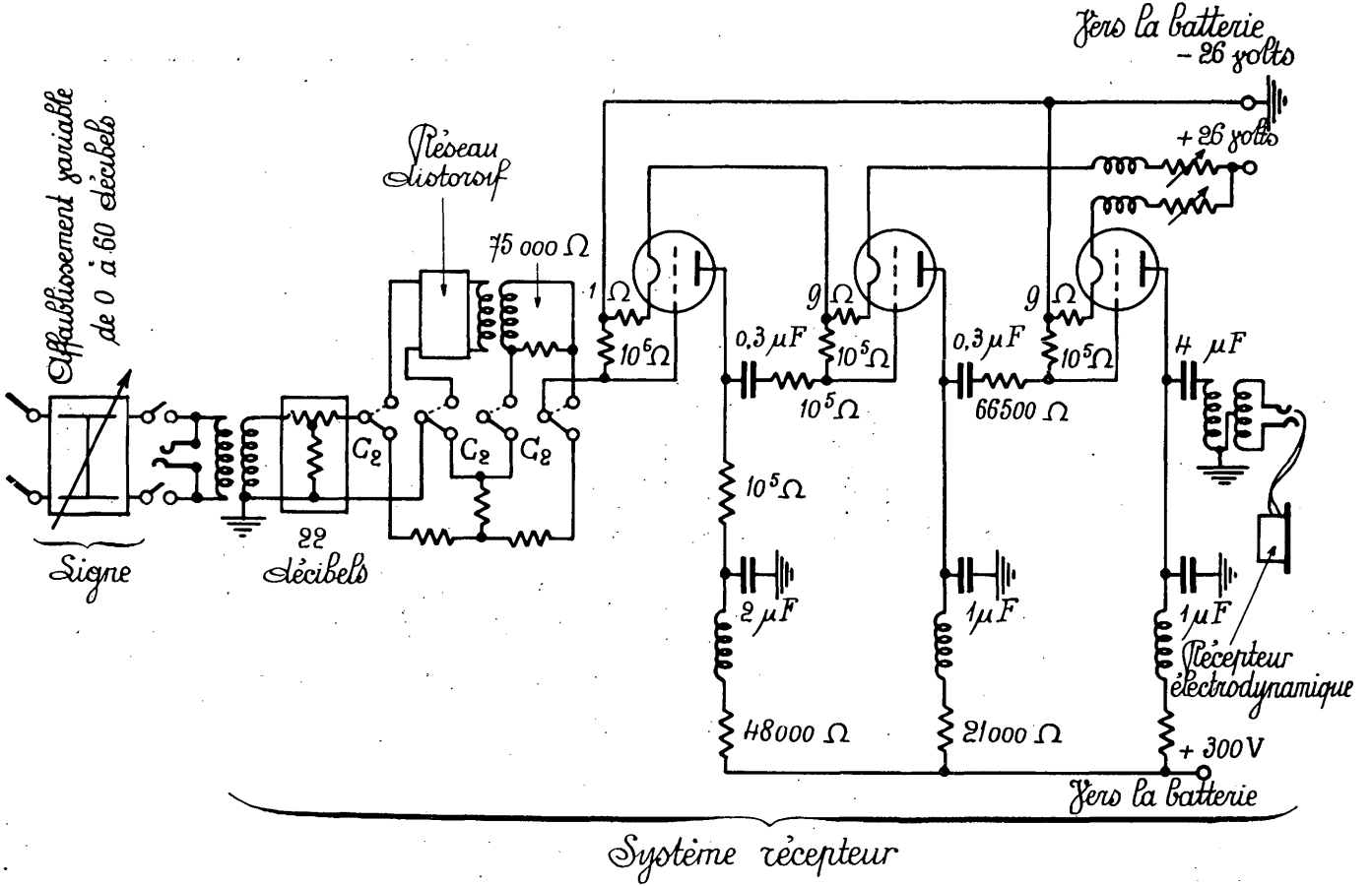
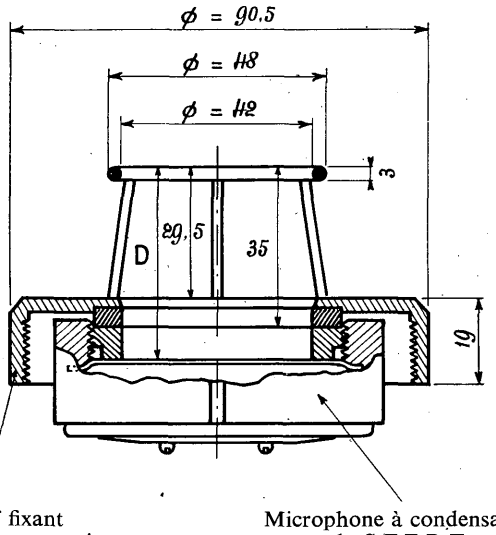


FIGURE 4. — *Schéma de montage du Système Fondamental Européen de Référence pour la Transmission téléphonique (S.F.E.R.T.)*

Maximum de distorsion de non-linéarité admissible pour le système émetteur : a) *pour la pression maximum ;* b) *pour une fraction donnée de cette pression.* — La pression acoustique maximum admissible sur le diaphragme du microphone dépend de la distorsion de non-linéarité admissible. L'expérience a montré que, pour des sons d'une intensité normale, l'emploi des types de microphones suggérés ci-après et associés à des amplificateurs convenables ne conduit à aucune distorsion de non-linéarité gênante.



Dispositif fixant la « distance de conversation »

Microphone à condensateur du S.F.E.R.T.

D = distance entre les lèvres de l'opérateur qui parle et le diaphragme du microphone : 35+8,51 = 43,51
Cotes en millimètres

FIGURE 5. — *Le microphone à condensateur du S.F.E.R.T. et son dispositif fixant la « distance de conversation »*

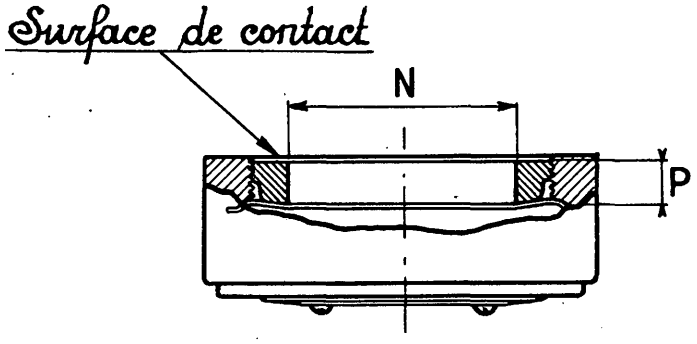
Mode de construction du système émetteur satisfaisant aux conditions requises. — Un système émetteur composé d'un microphone à condensateur ayant un diaphragme métallique tendu et associé à un amplificateur approprié satisfait aux conditions ci-dessus. Tout autre type de microphone satisfaisant également aux conditions ci-dessus pourrait convenir. Les dimensions essentielles du microphone à condensateur sont indiquées sur la figure 6. Pour compenser les variations possibles du système émetteur, celui-ci devra comporter un dispositif de réglage.

2. — *Ligne artificielle*

Impédance caractéristique de la ligne artificielle. — La ligne artificielle doit avoir une impédance caractéristique égale à une résistance pure de 600 ohms. Des écarts inférieurs à $\pm 1°$ sur la valeur du module et à $\pm 2°$ sur la valeur de l'argument sont toutefois admissibles dans la bande des fréquences comprises entre 100 et 5000 Hz.

Réglage de l'affaiblissement de la ligne artificielle. — L'affaiblissement de la ligne artificielle doit être réglable par échelons de 0,02 néper ou par échelons de 0,2 décibel au plus, entre les limites 0 et 6 népers (ou 0 et 60 décibels).

COUPE DU MICROPHONE CONDENSATEUR



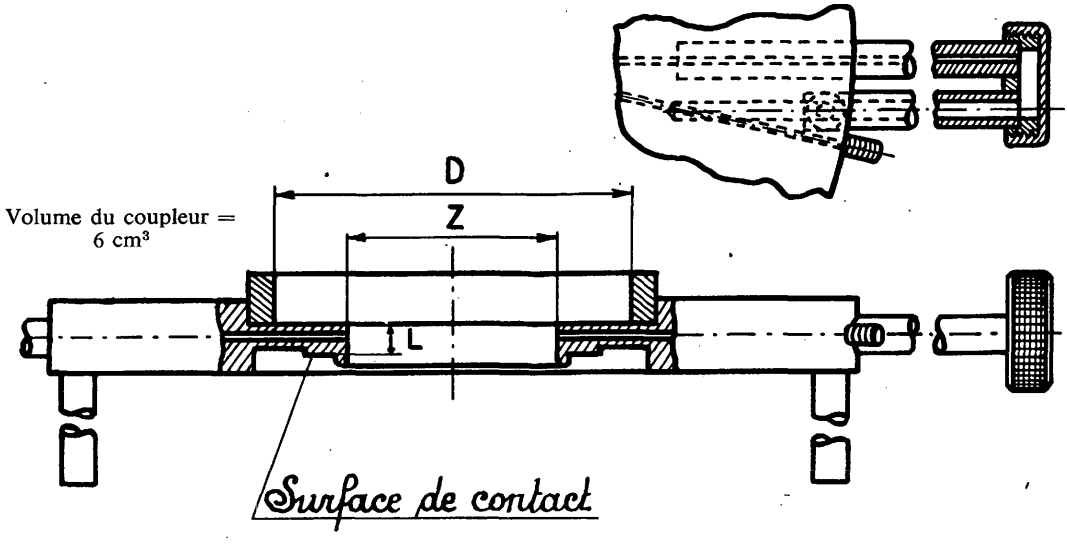
Volume de la cavité
du microphone = 12,3 cm³

Cotes en cm

A	6, 667
B	2, 540
C	4, 7625
D	6, 670
L	0 400
N	4, 286
P	0. 851
Z	3, 968

FIGURE 6. — *Microphone*

COUPE DU DISPOSITIF ACOUSTIQUE DE COUPLAGE



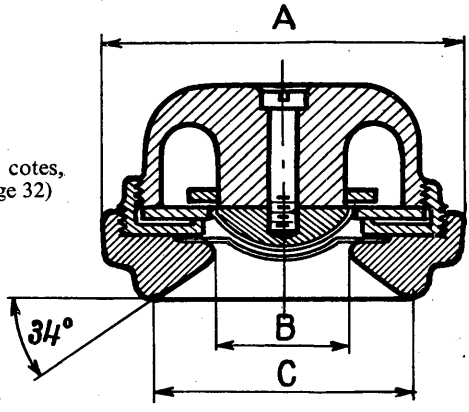
Volume du coupleur =
6 cm³

FIGURE 7. — *Dispositif de couplage*

3. — *Système récepteur*

Définition de la puissance acoustique (acoustic output) fournie par le récepteur. — Il faut prendre comme mesure de la puissance acoustique la pression à l'extrémité d'un dispositif métallique de couplage acoustique. Les dimensions essentielles de ce dispositif de couplage sont données par la figure 7. De même que pour le microphone, il est nécessaire de fixer les dimensions essentielles du récepteur, qui sont données par la figure 8.

COUPE DU RÉCEPTEUR ÉLECTRO-DYNAMIQUE



(Pour les cotes, voir page 32)

Volume de la cavité du récepteur compris entre le diaphragme et les plans de base du pavillon = 11,5 cm³

FIGURE 8. — *Récepteur*

Méthode pour mesurer la pression acoustique fournie par le récepteur. — La mesure de cette pression acoustique pourra être faite comme pour le microphone, par une des méthodes connues et sûres (en particulier : méthode d'étalonnage au moyen du microphone à condensateur, et méthode de compensation des pressions).

La méthode actuellement employée au Laboratoire du C.C.I.F. est décrite dans l'Annexe 5 du *Livre d'annexes* au tome IV du *Livre Vert.*

Valeur de l'impédance électrique d'entrée du système récepteur. — L'impédance du système récepteur doit être égale à une résistance pure de 600 ohms. Des écarts inférieurs à $\pm 5\%$ sur la valeur du module et à $\pm 10°$ sur la valeur de l'argument, sont toutefois admissibles pour toutes les fréquences comprises entre 100 et 5000 Hz.

Réglage de l'efficacité du système récepteur. — L'efficacité du système récepteur doit être réglée par échelons de 0,02 néper ou 0,2 décibel au plus entre les limites -1 et $+1$ néper (ou -10 et $+10$ décibels).

Rapport entre la pression acoustique et la tension électrique (prises respectivement à la sortie et à l'entrée du système récepteur) définissant le point zéro du système récepteur. — L'efficacité du système récepteur est déterminée par le rapport entre la pression acoustique dans le dispositif acoustique de couplage et

la tension électrique existant à l'entrée du système. Le point 0 du système récepteur doit être voisin du point 0 des systèmes étalons commerciaux généralement utilisés. (Voir ci-après, sous **3**.1.2.A « Réglage normal du S.F.E.R.T. ».)

Bande de fréquences dans laquelle ce rapport doit demeurer constant. Variations de ce rapport tolérables dans cette bande de fréquences. — Les variations de ce rapport ne doivent pas être supérieures à $\pm 0{,}4$ néper ou ± 4 décibels pour des fréquences comprises entre 300 et 3000 Hz, et à ± 1 néper ou ± 10 décibels pour des fréquences comprises entre 100 et 5000 Hz.

Maximum de distorsion de non-linéarité admissible pour le système récepteur : a) *pour la tension électrique maximum ;* b) *pour une fraction donnée de cette tension.* — La tension électrique maximum aux bornes d'entrée du système récepteur dépend de la distorsion de non-linéarité admissible. L'expérience a montré que, pour des sons d'une intensité normale, l'emploi des types de récepteurs suggérés ci-après et associés à des amplificateurs convenables ne conduit à aucune distorsion de non-linéarité gênante.

Mode de construction du système récepteur satisfaisant aux conditions requises. — Tout système récepteur satisfaisant aux conditions ci-dessus peut être admis.

Les dimensions essentielles du pavillon de ce récepteur doivent être celles indiquées sur la figure 8. D'autre part, le volume de la cavité limitée par la membrane de ce récepteur, les parois du pavillon et le plan de contact avec le dispositif acoustique de couplage doit être approximativement le même que celui qui correspond aux dimensions du dessin de la figure.

III. *Les systèmes étalons de travail* (working standards). — Les systèmes étalons de travail sont des systèmes étalonnables par comparaison à la voix et à l'oreille (mesure téléphonométrique) avec un système de référence pour transmission téléphonique.

Ils se composent d'un système émetteur, d'une ligne artificielle et d'un système récepteur.

Le système émetteur et le système récepteur doivent avoir des caractéristiques de transmission semblables à celles des appareils téléphoniques commerciaux.

Bien qu'il soit plus commode de se procurer des étalons de travail en choisissant des appareils de types commerciaux usuels, on peut utiliser d'autres types d'appareils.

Pour déterminer les équivalents relatifs des systèmes téléphoniques commerciaux, on dispose essentiellement des « Systèmes étalons de travail » ci-après :

a) Systèmes étalons de travail avec appareils d'abonné (S.E.T.A.B.).

b) Systèmes étalons de travail avec microphone et récepteur électrodynamiques (S.E.T.E.D.).

Remarque. — Divers systèmes étalons de travail ont été utilisés : système étalon de travail avec microphone à charbon (S.E.T.A.C.), système étalon de travail avec microphone électromagnétique (S.E.T.E.M.). On pourra trouver des renseignements relatifs à ces systèmes et à leur utilisation dans le tome IV du *Livre Jaune* (pages 147 à 164). L'emploi de ces systèmes n'est plus à conseiller.

Etant donné les définitions adoptées par le C.C.I.F. pour les équivalents de référence d'un système ou d'une partie de système, lorsqu'on effectue des mesures téléphonométriques pour déterminer un équivalent de référence, on doit comparer le système ou la partie du système à étudier, soit au S.F.E.R.T. sans distorsion, soit à un système étalon de travail qui a déjà été étalonné par rapport au S.F.E.R.T. sans distorsion, à condition que ce système étalon de travail, ou bien n'ait pas de distorsion, ou bien ait, au point de vue de la distorsion, des caractéristiques semblables à celles du système ou de la partie du système à étudier.

Il est recommandé aux Administrations et Exploitations privées téléphoniques qui désirent établir un système S.E.T.A.B. de choisir, parmi leurs appareils commerciaux usuels, des appareils dont l'efficacité (mesurée par rapport à l'un des autres systèmes étalons de travail dont elles disposent) varie aussi peu que possible : à titre d'indication, une variation de ± 2 décibels par rapport à la valeur moyenne semble actuellement admissible.

Ces appareils sélectionnés pour leur stabilité pourront constituer des systèmes étalons de travail, qu'il y aura intérêt à étalonner fréquemment, soit par rapport au S.F.E.R.T. sans distorsion, soit par rapport à un système étalon de travail, déjà étalonné lui-même par rapport au S.F.E.R.T. sans distorsion.

Des systèmes étalons de travail S.E.T.A.B. et S.E.T.E.D. sont décrits respectivement dans les Appendices I et II ci-après.

Les Administrations et Exploitations privées téléphoniques qui ne possèdent pas de système étalon de travail déjà comparé lui-même au S.F.E.R.T. pourront faire étudier la stabilité de leurs appareils commerciaux, soit par le Laboratoire du C.C.I.F. à Genève, soit par une Administration ou Exploitation privée téléphonique possédant un système étalon de travail déjà comparé lui-même au S.F.E.R.T.

3.1.2 Etalonnage des systèmes de référence pour la détermination des équivalents de référence

A. — Réglage normal du S.F.E.R.T.

Les courbes caractéristiques du microphone et du récepteur du S.F.E.R.T. sont rapportées aux valeurs respectives de 1 volt par barye pour le Système émetteur, et 1 barye par volt pour le Système récepteur. Les valeurs, pour les différentes fréquences à considérer, des rapports de volts par barye et de baryes par volt proposées pour caractériser le réglage normal du Système émetteur et du Système récepteur avec et sans distorsion, et les valeurs en baryes par barye pour le Système de référence complet avec une ligne de 0 décibel, sont données dans les tableaux I à V ci-après. En regard de chacune de ces valeurs, est donné également le nombre de décibels correspondant, par rapport à 1 volt par barye pour le Système émetteur, à 1 barye par volt pour le Système récepteur et à 1 barye par barye pour le Système complet.

Les variations maxima tolérables des courbes caractéristiques du Système de référence et de ses éléments constitutifs pour une fréquence quelconque ne doivent pas différer de plus que $\pm 0{,}1$ néper ou ± 1 décibel des valeurs données dans les tableaux ci-après (pour les fréquences comprises entre 100 et 5000 Hz).

Les moyennes arithmétiques des valeurs données dans les tableaux I à V ci-après pour les fréquences comprises entre 200 et 3600 Hz inclusivement ont été

prises comme la spécification des réglages normaux du Système Fondamental sans distorsion et de ses éléments constitutifs. Dans le cas d'un écart entre les courbes caractéristiques des Systèmes émetteur et récepteur sans distorsion, par rapport aux valeurs données dans les tableaux ci-après, on modifie le potentiomètre de chaque élément d'une quantité égale à la moyenne des différences en décibels entre les valeurs mesurées à l'instant considéré et les valeurs données dans les tableaux ci-après (pour les fréquences données dans ces tableaux et qui sont comprises entre 200 et 3600 Hz).

Pour le Système émetteur et le Système récepteur avec leurs réseaux distorsifs, l'écart maximum admissible pour une fréquence quelconque est le même que dans le cas précédent (absence de distorsion). Pour que le réglage à chaque instant tienne compte des écarts par rapport aux valeurs données dans les tableaux ci-après on prend la moyenne arithmétique en décibels des écarts obtenus pour les trois fréquences 800, 1100 et 1300 Hz.

Les courbes caractéristiques des figures 9 à 12 ci-après, données à titre d'exemple, illustrent le fonctionnement du Système émetteur et du Système récepteur du S.F.E.R.T. (sans distorsion et avec distorsion) ; les courbes en trait brisé (courbes 2) correspondent aux règlages normaux du Système émetteur et du Système récepteur pour le microphone étalon n° 3824 et le récepteur étalon n° 22 à la date où ces courbes ont été relevées (janvier 1930).

On a établi des règles pour relever les courbes caractéristiques du S.F.E.R.T. et de ses éléments constitutifs. A cet effet, on considère les données suivantes comme nécessaires :

1. Courbes caractéristiques de chacun des microphones à condensateur et de l'amplificateur associé ;
2. Combinaison de la courbe caractéristique de l'un des microphones à condensateur avec celle de l'amplificateur associé ;
3. Courbes caractéristiques de chacun des récepteurs électro-dynamiques et de l'amplificateur associé ;
4. Combinaison de la courbe caractéristique de l'un des récepteurs électro-dynamiques avec celle de l'amplificateur associé ;
5. Courbes caractéristiques obtenues avec l'un des microphones à condensateur et l'un des récepteurs électro-dynamiques quand les réseaux distorsifs sont insérés dans les amplificateurs correspondants.

A cet effet, toutes les données concernant les courbes caractéristiques sont exprimées en décibels et rapportées à 1 volt par barye pour les microphones, et 1 barye par volt pour les récepteurs. En outre, les résultats des mesures sont donnés pour l'un des microphones à condensateur avec quatre thermophones.

En vue de réduire le bruit dans le Système Fondamental à une valeur négligeable, on fait, en outre, périodiquement des mesures du bruit engendré dans les éléments constitutifs du S.F.E.R.T. Cette procédure est également utilisée pour donner une mesure du bruit qui peut être produit par le microphone à condensateur dans les conditions d'utilisation.

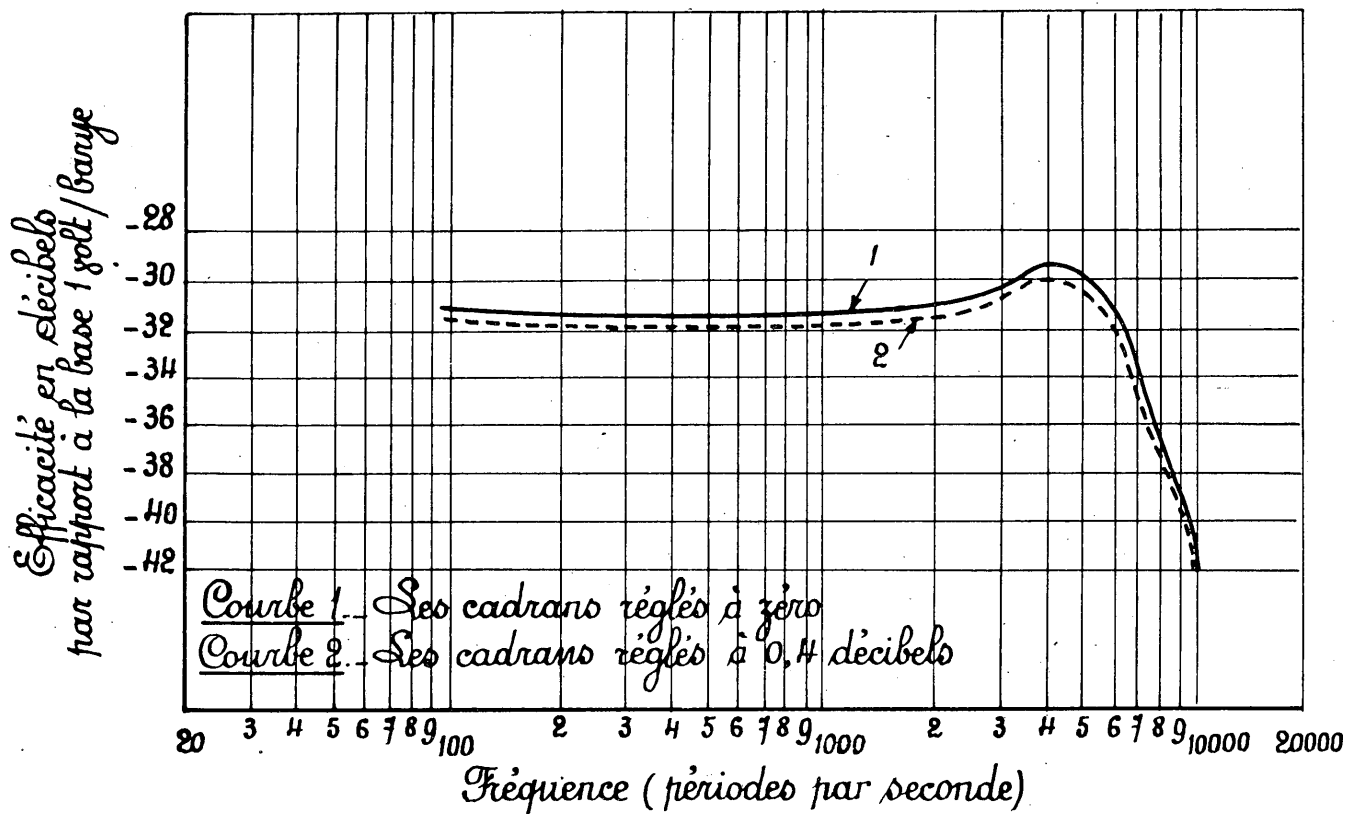


FIGURE 9. — *Courbe caractéristique de fonctionnement du Système émetteur (sans distorsion) du Système Fondamental Européen de Référence pour la Transmission téléphonique Microphone étalon nº 3824*

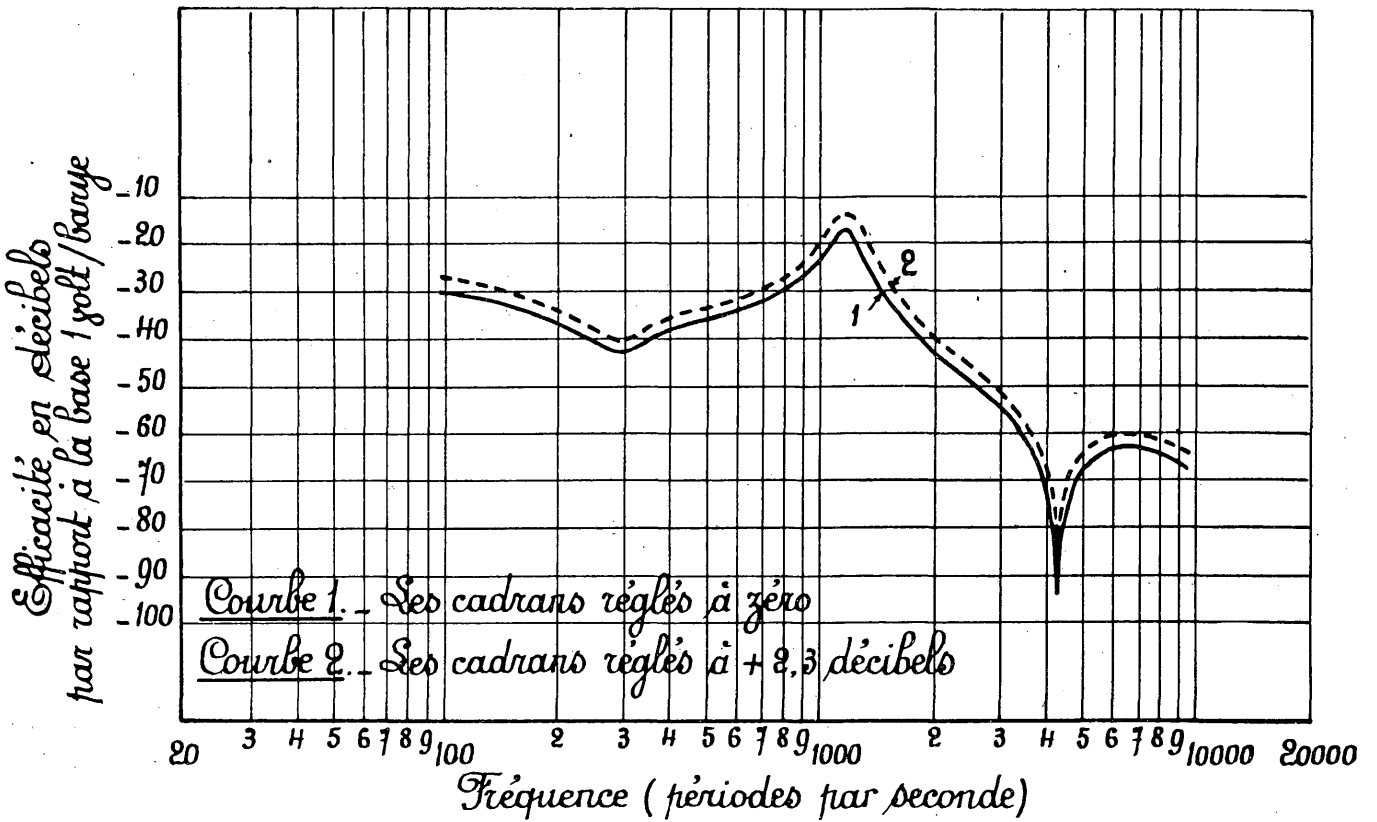


FIGURE 10. — *Courbe caractéristique de fonctionnement du Système émetteur (avec distorsion) du Système Fondamental Européen de Référence pour la Transmission téléphonique Microphone étalon nº 3824*

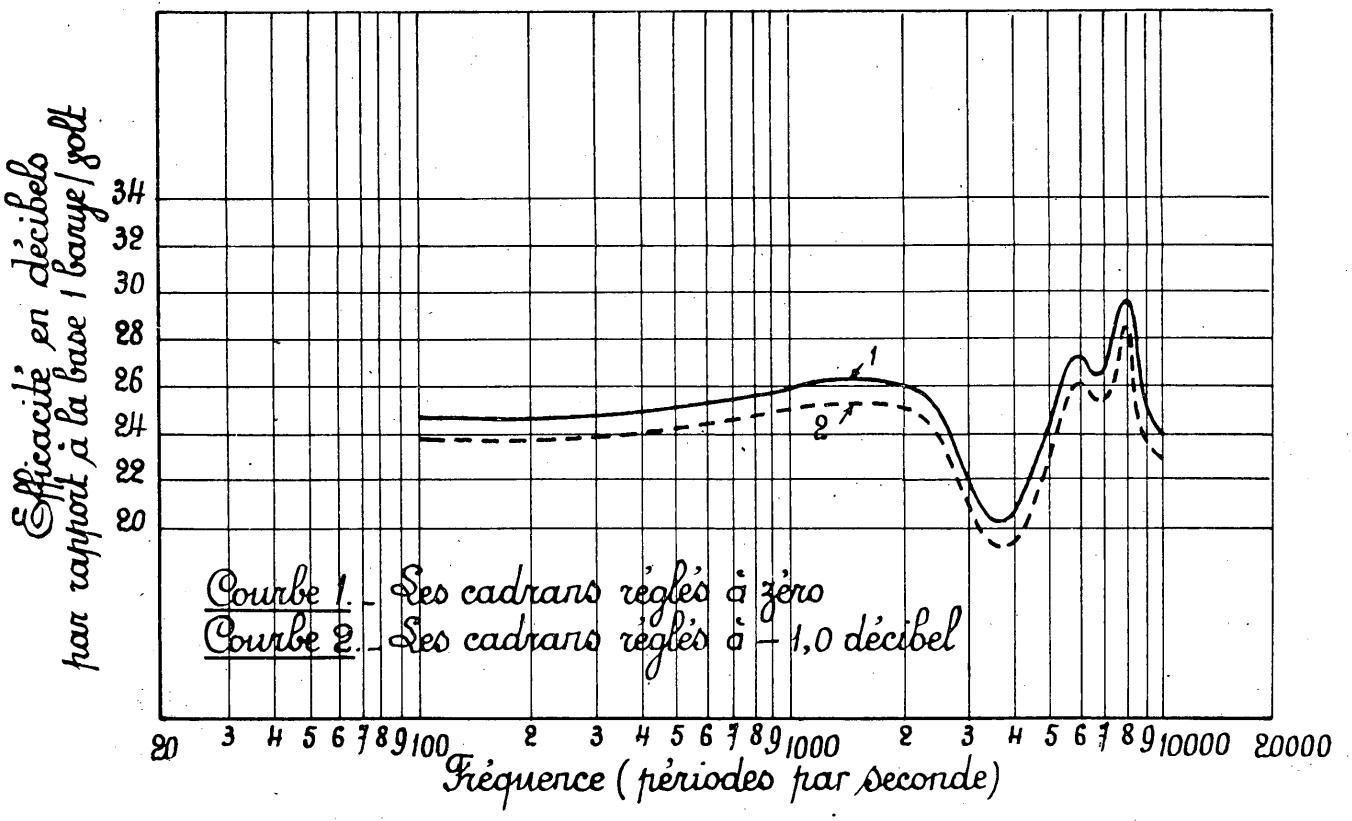


FIGURE 11. — *Courbe caractéristique de fonctionnement du Système récepteur (sans distorsion) du Système Fondamental Européen de Référence pour la Transmission téléphonique Récepteur étalon nº 22*

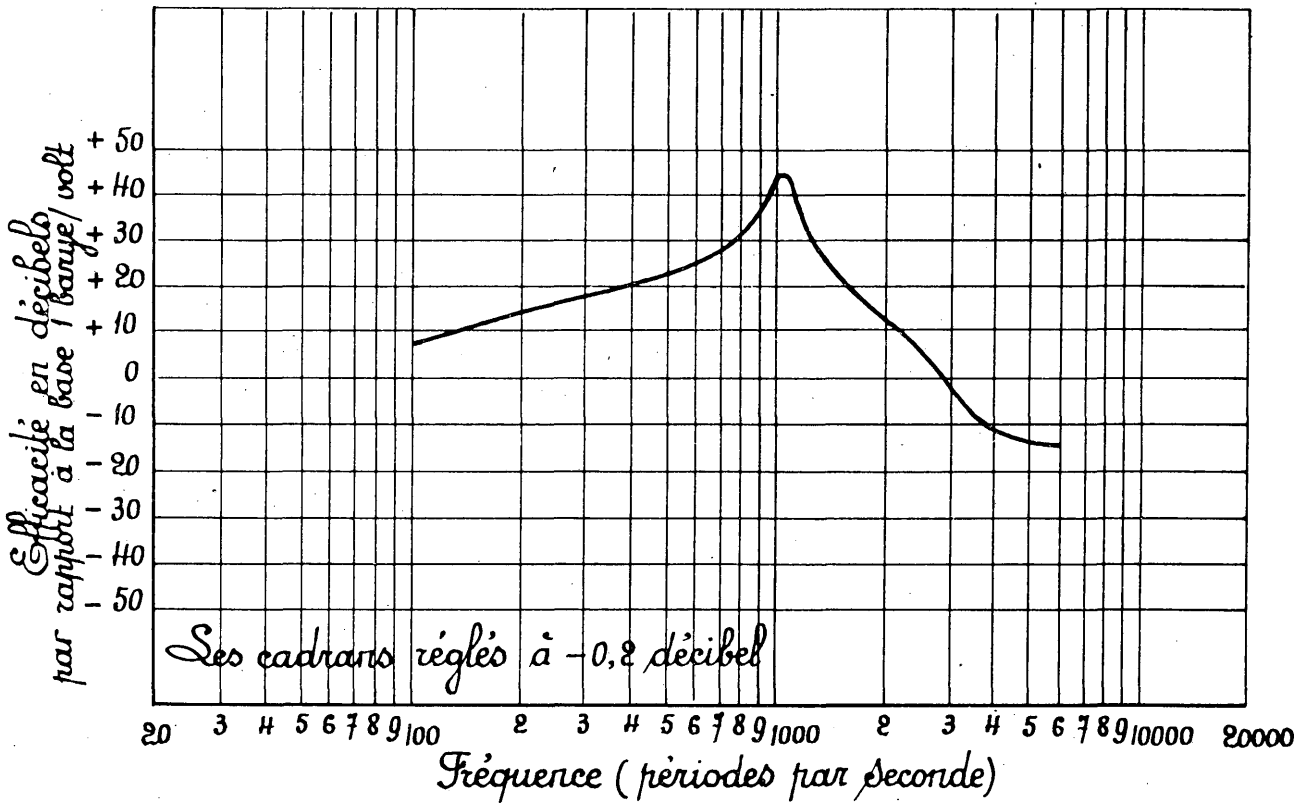


FIGURE 12. — *Courbe caractéristique de fonctionnement du Système récepteur (avec distorsion) du Système Fondamental Européen de Référence pour la Transmission téléphonique Récepteur étalon nº 22*

TABLEAU I

Valeurs caractéristiques définissant le réglage normal du système émetteur sans distorsion du S.F.E.R.T.

Fréquence	Volts-baryе	Décibels *	Fréquence	Volts-baryе	Décibels *
100	0,0272	−31,3	1 800	0,0263	−31,6
200	0,0272	−31,3	2 100	0,0269	−31,4
300	0,0260	−31,7	2 400	0,0269	−31,4
400	0,0257	−31,8	2 700	0,0275	−31,2
500	0,0253	−31,9	3 000	0,0284	−30,9
600	0,0253	−31,9	3 300	0,0294	−30,6
700	0,0253	−31,9	3 600	0,0305	−30,3
800	0,0253	−31,9	4 000	0,0323	−29,8
900	0,0257	−31,8	5 000	0,0337	−29,4
1 000	0,0257	−31,8	6 000	0,0309	−30,2
1 100	0,0257	−31,8	7 000	0,0229	−32,8
1 200	0,0257	−31,8	8 000	0,0165	−35,7
1 300	0,0260	−31,7	9 000	0,0121	−38,4
1 500	0,0263	−31,6	10 000	0,0092	−40,7

Bande de fréquences	Valeur moyenne en volt par baryе	Valeur moyenne en décibels
500-2500 hertz	0,0259	−31,7
200-3600 hert	0,0266	−31,5

* Décibels par rapport à 1,0 volt par baryе.

TABLEAU II

Valeurs caractéristiques définissant le réglage normal du système récepteur sans distorsion du S.F.E.R.T.

Fréquence	Baryes/volt	Décibels *	Fréquence	Baryes/volt	Décibels *
100	16,4	24,3	1 800	17,6	24,9
200	17,4	24,8	2 100	17,8	25,0
300	17,6	24,9	2 400	16,2	24,2
400	17,2	24,7	2 700	14,7	23,3
500	17,0	24,6	3 000	13,3	22,5
600	16,8	24,5	3 300	12,3	21,8
700	16,8	24,5	3 600	11,1	20,9
800	16,8	24,5	4 000	10,5	20,4
900	16,8	24,5	5 000	12,3	21,8
1 000	17,0	24,6	6 000	17,2	24,7
1 100	17,0	24,6	7 000	14,5	23,2
1 200	17,2	24,7	8 000	14,5	23,2
1 300	17,2	24,7	9 000	14,5	23,2
1 500	17,2	24,7	10 000	10,9	20,7

Bande de fréquences	Valeur moyenne en baryе par volt	Valeur moyenne en décibels
500-2500 hertz	17,03	24,6
200-3600 hertz	16,28	24,2

* Décibels par rapport à 1 baryе par volt.

TABLEAU III

Valeurs caractéristiques définissant le réglage normal du S.F.E.R.T. complet, sans distorsion et avec 0 décibel en ligne

Fréquence	Baryes/baryе	Décibels *	Fréquence	Baryes/baryе	Décibels *
100	0,446	−7,0	1 800	0,462	− 6,7
200	0,474	−6,5	2 100	0,479	− 6,4
300	0,458	−6,8	2 400	0,435	− 7,2
400	0,441	−7,1	2 700	0,404	− 7,9
500	0,431	−7,3	3 000	0,378	− 8,4
600	0,426	−7,4	3 300	0,362	− 8,8
700	0,426	−7,4	3 600	0,338	− 9,4
800	0,426	−7,4	4 000	0,338	− 9,4
900	0,431	−7,3	5 000	0,415	− 7,6
1 000	0,436	−7,2	6 000	0,531	− 5,5
1 100	0,436	−7,2	7 000	0,332	− 9,6
1 200	0,441	−7,1	8 000	0,239	−12,5
1 300	0,446	−7,0	9 000	0,175	−15,2
1 500	0,452	−6,9	10 000	0,100	−20,0

Bande de fréquences	Valeur moyenne en barye par volt	Valeur moyenne en décibels
400-2500 hertz	0,441	−7,1
200-3600 hertz	0,429	−7,3

* Décibels par rapport à 1 barye par barye.

TABLEAU IV

Valeurs caractéristiques du système émetteur avec le réseau distorsif n° 1

Fréquence	Volts/barye	Décibels *	Fréquence	Volts/barye	Décibels *
100	0,0618	−24,2	1 800	0,0169	−35,5
200	0,0275	−31,2	2 100	0,00977	−40,2
300	0,0090	−40,9	2 400	0,00610	−44,3
400	0,0143	−36,9	2 700	0,00408	−47,8
500	0,0204	−33,8	3 000	0,00299	−50,5
600	0,0263	−31,6	3 300	0,00202	−53,9
700	0,0316	−30,0	3 600	0,00133	−57,6
800	0,0390	−28,2	4 000	0,000611	−64,3
900	0,0483	−26,3	4 400	0,0000751	−82,5
1 000	0,0741	−22,6	5 000	0,000531	−65,5
1 100	0,139	−17,1	6 000	0,00104	−59,7
1 160	0,185	−14,6	7 000	0,00100	−60,0
1 200	0,182	−14,8	8 000	0,000824	−61,7
1 300	0,118	−18,6	9 000	0,000684	−63,3
1 500	0,039	−28,2	10 000	0,000575	−64,8

* Décibels par rapport à 1 barye par barye.

TABLEAU V

Valeurs caractéristiques du système récepteur avec le réseau distorsif n° 1

Fréquence	Baryes/volt	Décibels *	Fréquence	Baryes/volt	Décibels *
100	2,79	8,9	1 200	43,5	32,8
200	5,4	14,6	1 300	24,0	27,6
300	7,8	17,8	1 500	12,0	21,6
400	10,4	20,3	1 800	5,93	15,5
500	13,3	22,5	2 100	3,39	10,6
600	17,4	24,8	2 400	2,07	6,3
700	22,5	27,0	2 700	1,259	2,0
800	29,3	29,3	3 000	0,813	− 1,8
900	44,5	33,2	4 000	0,248	−12,1
1 000	96,3	39,7	5 000	0,133	−17,5
1 060	150,0	43,5	6 000	0,100	−20,0
1 100	116,3	41,3			

* Décibels par rapport à 1 barye par volt.

B. — PUISSANCE VOCALE NORMALE POUR LES MESURES TÉLÉPHONOMÉTRIQUES

L'indicateur de volume dit « Volume indicator » utilisé au Laboratoire du S.F.E.R.T. est relié à la sortie du système émetteur du S.F.E.R.T. Le cadran de cet indicateur de volume doit être réglé à −16 décibels, et l'opérateur parle devant le microphone du système émetteur du S.F.E.R.T. en utilisant une puissance vocale telle que l'aiguille de l'instrument de mesure atteigne le repère. Cette puissance vocale est la « puissance vocale normale pour les mesures téléphonométriques ». Le « volume (des sons vocaux) » correspondant à cette « puissance vocale normale » est le « volume normal pour les mesures téléphonométriques ».

C. — COMPARAISON DES SYSTÈMES DE RÉFÉRENCE AU SYSTÈME FONDAMENTAL DE RÉFÉRENCE ET INTERVALLES DE TEMPS AUXQUELS IL FAUT PROCÉDER A DE TELLES MESURES

Un système de référence satisfaisant aux conditions indiquées ci-dessus pouvant différer du Système Fondamental, le premier étalonnage doit être fait au Laboratoire du C.C.I.F. en employant les systèmes émetteur et récepteur entiers (y compris les amplificateurs) du système de référence à étudier. Ce premier étalonnage montre s'il pourra suffire dans la suite d'étalonner seulement les microphones et les récepteurs du système de référence par comparaison avec ceux du Système Fondamental.

D. — COMPARAISON INITIALE DES SYSTÈMES ÉTALONS DE TRAVAIL AU S.F.E.R.T. OU A UN SYSTÈME DE RÉFÉRENCE

Tout système étalon de travail doit, avant d'être officiellement mis en service, être comparé directement au Système Fondamental de Référence (S.F.E.R.T sans distorsion) ou à un système de référence lui-même étalonné par rapport au S.F.E.R.T. sans distorsion.

Cette comparaison a pour but de définir les qualités transmissives de l'élément du système étalon de travail considéré, par rapport à celles de l'élément correspondant du S.F.E.R.T. Elle indique notamment de combien d'unités de transmission (népers ou décibels) le Système émetteur ou le Système récepteur du système étalon de travail est respectivement inférieur ou supérieur au Système émetteur ou au Système récepteur du S.F.E.R.T.

La méthode de mesure utilisée est la suivante :

La mesure s'effectue par comparaison téléphonométrique (à la voix et à l'oreille) et par substitution de l'élément comparé (Système émetteur ou Système récepteur) à l'élément correspondant du S.F.E.R.T. Une ligne artificielle d'affaiblissement réglable que l'on ajoute en série avec le système le plus efficace permet de réaliser l'équivalence des efficacités des deux systèmes comparés.

Les schémas généraux de principe correspondant à l'étalonnage du Système émetteur ou du Système récepteur du système étalon de travail sont représentés sur les figures 13 et 14 respectivement.

La méthode de comparaison utilisée par le Laboratoire du C.C.I.F. repose sur l'exécution des essais (équilibres élémentaires, voir ci-après) par deux opérateurs seulement (un opérateur qui parle et un opérateur qui écoute) et sur l'emploi de trois lignes d'affaiblissement sans distorsion dont l'impédance caractéristique a un module de 600 ohms et un argument égal à zéro.

L'affaiblissement de la première de ces lignes est fixé à 24 décibels (2,8 népers) au Laboratoire du C.C.I.F. [en tout cas la valeur de cet affaiblissement doit être supérieure à 15 décibels (ou 1,8 népers)] afin : 1. de ramener l'intensité des courants dans les systèmes récepteurs à une valeur telle que l'oreille soit placée dans de bonnes conditions pour les comparaisons auditives, et 2. d'empêcher toute réaction électrique entre le système émetteur et le système récepteur.

La deuxième ligne introduit un affaiblissement dit « secret » parce que sa valeur est inconnue de l'opérateur qui écoute.

La troisième ligne, dite « ligne d'équilibre » est à la disposition de l'opérateur qui écoute et sert à réaliser l'équilibre sonore.

Un ensemble de commutateurs (voir figures 13 et 14) simultanément commandés permet de réaliser la commutation nécessaire à la comparaison téléphonométrique.

Un volumètre (le Volume Indicator du S.F.E.R.T.) permet à l'opérateur qui parle de réaliser et conserver le volume normal pour les mesures téléphonométriques défini ci-dessus sous B. Les équivalents de référence du système émetteur et du système récepteur du système étalon de travail considéré résultent de la moyenne d'un certain nombre de mesures téléphonométriques appelées « équilibres élémentaires ».

Pour l'exécution d'un équilibre élémentaire, on procède comme il suit :

a) *Mesure d'un système émetteur* (figure 13)

Chaque équilibre élémentaire est exécuté par deux opérateurs.

L'opérateur qui parle (P) ayant réglé l'affaiblissement secret à une valeur déterminée (qu'il est seul à connaître) prononce alternativement, devant chaque microphone, une phrase conventionnelle. *

* Au Laboratoire du C.C.I.F., la phrase conventionnelle est la suivante : Paris-Bordeaux-Le Mans-Saint. Leu-Léon-Loudun.

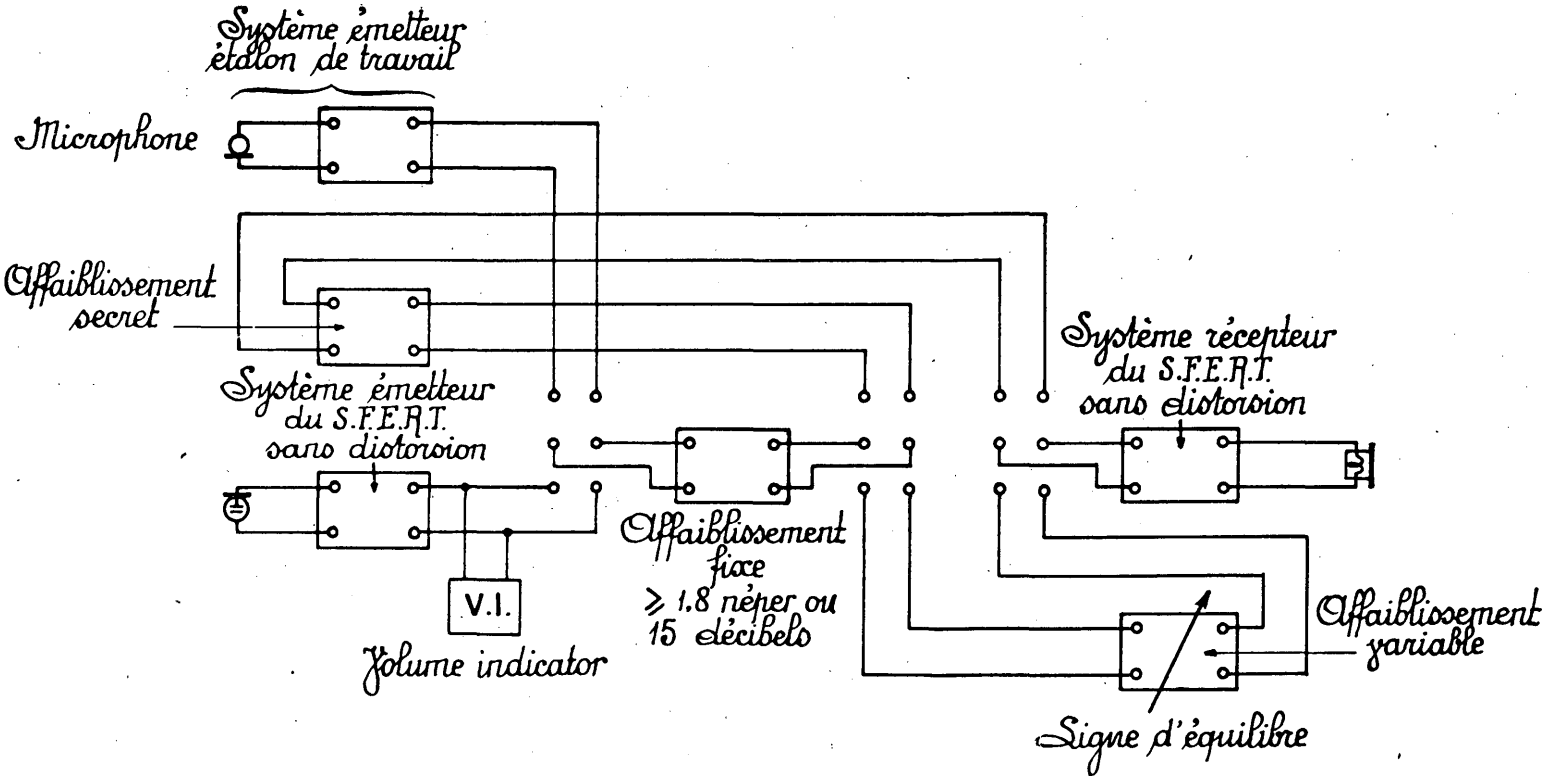


FIGURE 13. — *Comparaison à l'émission d'un système étalon de travail avec le S.F.E.R.T.*

Note. — A titre indicatif, le Laboratoire du C.C.I.F. règle l'affaiblissement fixe à la valeur de 24 décibels (ou 2,8 népers).

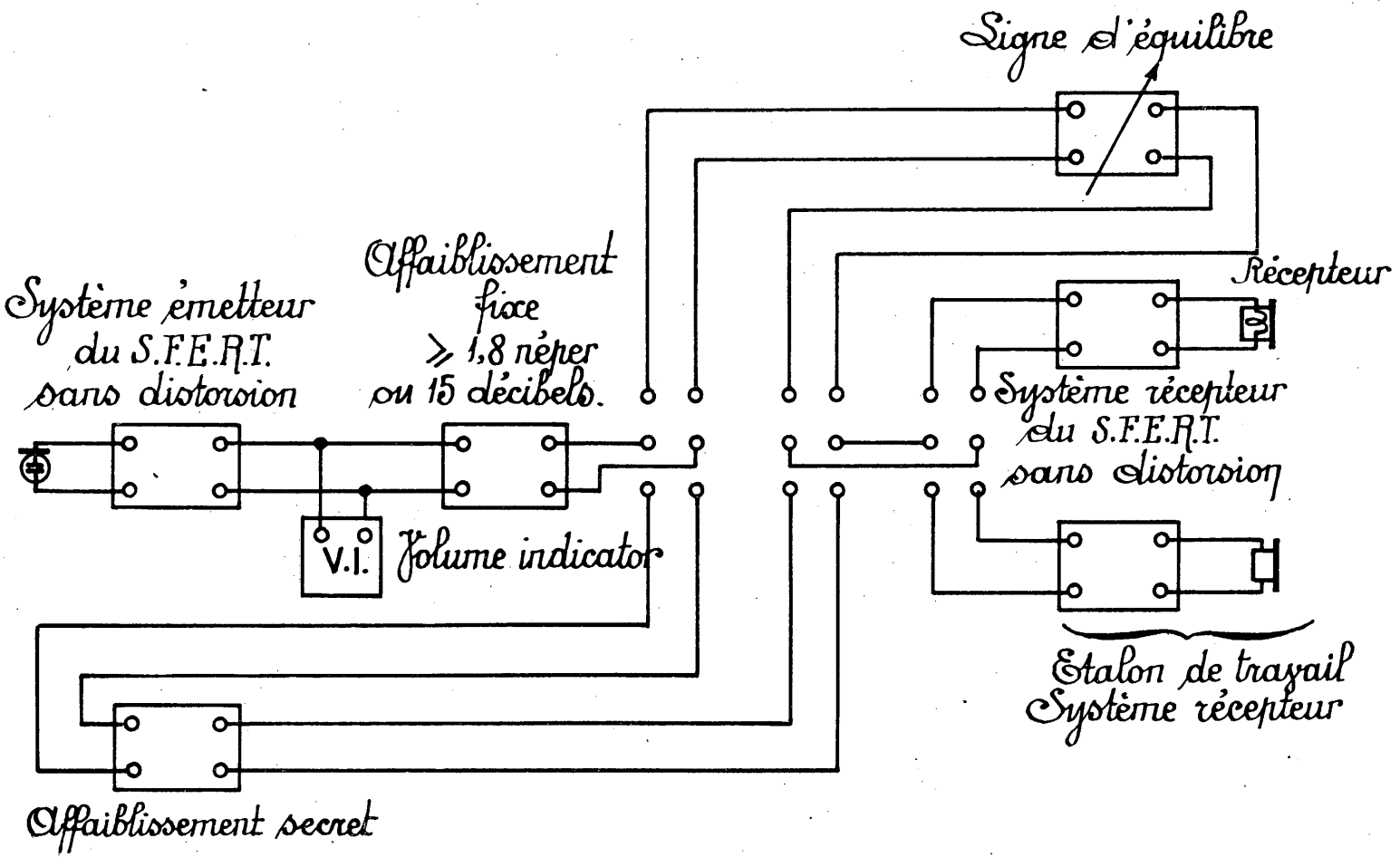


FIGURE 14. — *Comparaison à la réception d'un système étalon de travail avec le S.F.E.R.T.*

Note, — A titre indicatif, le Laboratoire du C.C.I.F. règle l'affaiblissement fixe à la valeur de 24 décibels (ou 2,8 népers).

L'opérateur (P) s'efforce de parler sur un ton normal et avec la vitesse normale de conversation et de conserver le « volume normal pour les mesures téléphonométriques ». Il agit, en outre, synchroniquement sur les commutateurs de façon à réaliser les liaisons convenables correspondants au microphone devant lequel il parle. L'opérateur qui écoute (E) règle la ligne d'équilibre dont il dispose de manière à obtenir l'égalité des impressions sonores pour les deux ensembles de positions des commutateurs.

b) *Mesure d'un système récepteur* (figure 14)

Chaque équilibre élémentaire est exécuté par deux opérateurs. L'opérateur qui parle (P) ayant réglé l'affaiblissement secret à une valeur déterminée (qu'il est seul à connaître), répète sur un ton normal, avec la vitesse normale de conversation et en conservant le « volume normal pour les mesures téléphonométriques », les phrases conventionnelles devant le microphone du système émetteur du S.F.E.R.T. Il agit sur les commutateurs de manière à mettre successivement en relation avec le système émetteur du S.F.E.R.T., soit le système récepteur du S.F.E.R.T., soit le système récepteur du système étalon de travail. L'opérateur (E) écoute successivement avec les deux récepteurs (récepteur du S.F.E.R.T. et récepteur du système étalon de travail en essai). Il règle, en outre, la ligne d'équilibre dont il dispose de manière à obtenir l'égalité des impressions sonores avec chacun des deux récepteurs.

Chaque série de mesures téléphonométriques comprend un certain nombre d'équilibres élémentaires. Le nombre des équilibres élémentaires dont l'ensemble constitue une « série d'essais » est au minimum de six ; il est normalement de vingt au Laboratoire du C.C.I.F., avec une équipe normale de cinq opérateurs et peut être augmenté toutes les fois que cela est reconnu nécessaire.

Les résultats des mesures sont consignés sur des fiches d'étalonnage conformes aux modèles ci-dessous (fiche E et fiche F) et ces fiches sont remises aux diverses Administrations et Exploitations privées téléphoniques ; ces fiches comprennent les indications suivantes :

1. Numéro et spécification de l'appareil essayé,
2. La ou les dates des essais,
3. La valeur de l'équivalent de référence,
4. L'écart moyen quadratique,
5. La qualité du timbre, appréciée par rapport au S.F.E.R.T. comme il est indiqué ci-après.

Quand l'équilibre sonore a été obtenu au cours d'un essai à la voix, l'opérateur qui écoute compare la qualité du timbre de l'appareil soumis à l'essai à la qualité du timbre du Système de Référence. Il indique, dans la colonne « Observations » des fiches, le résultat de cette comparaison de la manière suivante :

Comparaison :	Abréviation à porter dans la colonne « Observations »
aigu	A
égal	=
grave	G

Fiche E

LABORATOIRE DU C.C.I.F.

Fiche d'étalonnage ...

Equivalent de Référence du système *émetteur* de l'étalon de travail

(Microphone n° ...)

Equivalent de référence moyen :
Ecart quadratique moyen :
Résistance au travail :
Qualité :
Date des essais :
Observations :

Fiche E

LABORATOIRE DU C.C.I.F.

Fiche d'étalonnage ...

Equivalent de référence du système *récepteur* de l'étalon de travail

(Récepteur n° ...)

Equivalent de référence moyen :
Ecart quadratique moyen :
Qualité :
Date des essais :
Observations :

c) *Mesure de la résistance du microphone*

La mesure de la résistance du microphone se fait pendant l'essai à la voix par la méthode du voltmètre-ampèremètre. Le voltmètre et l'ampèremètre utilisés sont d'un modèle amorti.

On fait plusieurs observations pendant que l'on parle devant le microphone à mesurer et on prend la moyenne des valeurs de résistance obtenues au cours de ces diverses observations.

Remarque. — Les valeurs d'équivalent de référence fournies par le Laboratoire du C.C.I.F. sont les moyennes des équilibres téléphonométriques élémentaires. Toutefois, mention est faite dans les Rapports communiquant les résultats, de l'erreur susceptible d'affecter ces mesures quand on tient compte des variations possibles d'une équipe à une autre équipe ou d'une combinaison d'opérateurs à une autre combinaison.

E. — Etalonnages périodiques des appareils étalons par le Laboratoire du C.C.I.F.

Il est nécessaire de comparer périodiquement les appareils étalons avec la base téléphonométrique internationale constituée par le S.F.E.R.T. sans distorsion ou par un système de référence étalonné lui-même par rapport au S.F.E.R.T. sans distorsion. Les recommandations relatives à l'envoi des appareils au Laboratoire du C.C.I.F. figurent dans la section 3.1.6 ci-après.

APPENDICE I

Directives concernant la constitution des systèmes étalons de travail avec appareils d'abonné (S.E.T.A.B.)

Les systèmes étalons de travail avec appareils d'abonné comprennent un système émetteur, une ligne et un système récepteur. Le système émetteur et le système récepteur sont respectivement constitués par des postes d'abonné d'un type commercial associés à une ligne locale et à un système d'alimentation. Le courant d'alimentation doit être inférieur à la valeur correspondant à un risque de dommage ou d'instabilité du microphone.

La ligne insérée entre le système émetteur et le système récepteur doit avoir un affaiblissement minimum de 1,8 néper (15 décibels) et une impédance de 600 ohms.

Le système doit être complété par un volumètre permettant de contrôler la puissance vocale utilisée au cours des essais téléphonométriques.

Il est naturellement indispensable que les microphones et les récepteurs satisfassent à certaines conditions afin de pouvoir être considérés comme étalons. A cet effet, les Administrations et Exploitations privées téléphoniques, qui ne l'ont pas déjà fait, pourront envoyer au Laboratoire du C.C.I.F. six appareils à microtéléphone combiné qui se seront avérés stables au cours d'essais préalables s'étendant sur une période de six mois.

Le Laboratoire du C.C.I.F. procédera d'abord à un essai de netteté préliminaire pour apprécier la qualité de ces appareils ; puis il effectuera, à des intervalles de deux semaines, cinq mesures d'équivalent de référence à l'émission et à la réception afin de vérifier la stabilité de ces appareils.

Après ces mesures préliminaires, le Laboratoire du C.C.I.F. choisira dans les six appareils du même type qui lui auront été envoyés, trois appareils destinés à servir d'étalons à l'émission et trois appareils destinés à servir d'étalons à la réception. Il procédera à l'étalonnage des appareils étalons ainsi sélectionnés dans les conditions suivantes :

1. Détermination des équivalents de référence à l'émission et à la réception. On effectuera pour chaque mesure au moins 40 équilibres élémentaires afin d'obtenir des valeurs sûres d'équivalents de référence.

2. Mesures de netteté. On mesurera la valeur moyenne de la netteté pour les trois microphones sélectionnés et aussi la valeur moyenne de la netteté pour les trois récepteurs sélectionnés.

Les conditions techniques de cette mesure seront définies par accord entre l'Administration ou l'Exploitation privée téléphonique intéressée et le Laboratoire du C.C.I.F.

APPENDICE II

Description d'un système étalon de travail avec microphone et récepteur électrodynamique (S.E.T.E.D.)

Il est possible que, dans un système étalon de travail comportant des appareils d'abonné modernes (S.E.T.A.B.), la stabilité que l'on peut obtenir soit inférieure à ce qui est désirable et il reste la nécessité d'étalonner les systèmes étalons de travail par comparaison périodique avec le S.F.E.R.T. ou avec un autre système téléphonique plus stable.

Un système étalon de travail a donc été construit pour utiliser un microphone et un récepteur à bobine mobile fournissant un système téléphonique de haute qualité avec des caractéristiques stables.

Ce système étalon de travail a été établi pour la transmission de la parole avec une haute qualité, parce que l'on estime que l'étalon auquel on compare les systèmes commerciaux devrait toujours avoir une qualité de transmission meilleure que celle des systèmes commerciaux essayés ; il y a aussi une autre raison, à savoir qu'ainsi on dispose d'un système étalon de travail stable auquel on peut comparer des systèmes commerciaux sur la base de la netteté, puisqu'il semble désirable que ceci devienne la base sur laquelle on établira les projets de transmission téléphonique, au lieu de les établir d'après les équivalents de référence basés sur le volume des sons vocaux.

Le nouveau système étalon de travail est pourvu des moyens nécessaires pour effectuer l'étalonnage absolu de ses microphones et de ses récepteurs téléphoniques. Il est assez simple pour être installé dans de nombreux laboratoires, et pourrait servir d'étalon primaire sur place, de sorte qu'il ne serait pas nécessaire, pour ceux qui disposeront de cet étalon de travail, d'envoyer ailleurs des microphones et des récepteurs pour étalonnage.

On dispose aussi des moyens nécessaires pour vérifier les caractéristiques acoustiques du système complet.

L'étalon de travail S.E.T.E.D. comprend :

1. Un bâti fermé, avec des panneaux de 19 pouces (48 cm), ayant les dimensions suivantes :

hauteur	6 pieds ½ pouce (187 cm) ;
largeur	2 pieds 9 pouces (84 cm) ;
profondeur	2 pieds (61 cm).

Sur ce bâti sont montés un v.u.mètre ; un amplificateur microphonique et un correcteur de distorsion d'affaiblissement ; un panneau de commande, qui comprend un affaiblisseur, un filtre, des boutons poussoirs et des relais pour modifier les montages d'essais et des jacks pour les connexions externes ; un amplificateur de réception avec un correcteur de distorsion d'affaiblissement et un dispositif d'alimentation en énergie électrique fonctionnant à partir du réseau de distribution d'électricité. Cet ensemble pèse 405 kg.

2. Un microphone étalon à quartz piézoélectrique pour l'étalonnage par une mesure objective des instruments du système étalon de travail (microphones et récepteurs).

3. Un microphone et un récepteur à bobine mobile.

4. Des accessoires.

Le système étalon de travail comprend un volumètre du type « v.u.mètre » gradué en « unités de volume » américaines, pour le réglage de la puissance vocale de l'opérateur qui parle et aussi pour servir de voltmètre indicateur dans les mesures objectives d'étalonnage.

Un oscillateur destiné aux étalonnages dans toute la bande des fréquences de 100 à 5000 Hz est nécessaire, il ne fait pas partie de l'équipement.

Le microphone à bobine mobile est d'un type spécial construit pour que l'on parle près de ce microphone. Il est bien protégé contre les effets de l'humidité de la respiration.

Pour normaliser la position des lèvres, un anneau de garde est adapté au microphone, qui est monté sur un support réglable.

La caractéristiques de fonctionnement aux diverses fréquences du microphone et de son correcteur de distorsion est telle que le rapport entre leur tension de sortie et la pression acoustique mesurée à l'emplacement des lèvres de l'opérateur qui parle est constant dans toute la bande de fréquences utilisée.

Le récepteur est muni d'un correcteur de distorsion tel que le rapport entre la pression acoustique produite dans une oreille humaine et la tension appliquée à l'entrée du correcteur varie en fonction de la fréquence suivant la courbe de réponse dite « ortho-téléphonique ».

Le gain des amplificateurs est réglable de façon à obtenir les valeurs normales de 62,1 décibels pour l'amplificateur microphonique et de 17,5 décibels pour l'amplificateur de réception.

On effectue l'étalonnage d'un amplificateur en comparant son gain à l'affaiblissement d'une ligne artificielle formée de résistances fixes, en utilisant un signal sinusoïdal provenant d'un oscillateur extérieur et en utilisant le volumètre comme instrument indicateur de l'égalité de deux tensions. Cet amplificateur a un taux de contre-réaction prévu largement et d'ordinaire il n'y a pas besoin de spécifier que le dispositif d'alimentation en énergie électrique à partir du secteur de distribution soit stabilisé.

Un filtre passe-bande, laissant passer les fréquences de 300 à 3400 Hz, est introduit pour limiter la transmission à une bande de fréquences semblable à celle d'un circuit téléphonique ordinaire. Ceci est nécessaire parce que le nouveau système étalon de travail transmet en fait la large bande de fréquences qui s'étend de 50 à 9000 Hz et que sous cette forme il n'est pas approprié à la comparaison avec des systèmes transmettant une bande de fréquences étroite.

Le microphone à quartz piézoélectrique employé pour l'étalonnage est décrit ci-après. L'étalonnage du microphone à bobine mobile consiste en une comparaison directe entre la tension de sortie de ce microphone et celle du montage de cristaux de quartz, qui ne dépend pas de la fréquence. On étalonne le récepteur à bobine mobile en mesurant la tension qu'il faut lui appliquer pour qu'il excite le montage de cristaux de quartz de façon à obtenir une tension de sortie constante, c'est-à-dire pour que ce récepteur produise une pression acoustique constante.

Le montage de cristaux de quartz est associé à un préamplificateur à trois étages, alimenté par une batterie, suivi de l'amplificateur microphonique ayant un gain de 62,1 décibels mentionné ci-dessus. On emploie le volumètre, au cours de toutes les opérations d'étalonnage, uniquement pour indiquer une égalité de tensions.

La caractéristique « gain-fréquence » du préamplificateur est éliminée automatiquement de l'étalonnage par l'emploi d'un signal d'étalonnage appliqué directement en série avec l'élément de cristal piézoélectrique. La seule « inconnue » du système est donc l'effet piézoélectrique, qu'on peut calculer à partir des dimensions géométriques de l'élément de cristal et des lois fondamentales de la piézoélectricité.

Le réglage normal du préamplificateur, les étalonnages du microphone et du récepteur, et la réalisation d'autres combinaisons de circuits s'effectuent simplement en pressant un bouton qui fait fonctionner les relais appropriés. Ces relais sont munis de contacts de platine dans tous les circuits traversés par les courants vocaux. D'autres boutons poussoirs font fonctionner les relais nécessaires pour établir les montages d'essais, pour régler les gains des amplificateurs, et pour établir le système complet, suivant les besoins, pour les essais basés sur des comparaisons de volume ou pour les mesures d'A.E.N.

Dans les étalonnages du microphone et du récepteur, l'affaiblisseur est inséré dans le circuit d'étalonnage. On se sert de cet affaiblisseur pour amener à l'égalité deux indications du volumètre, de sorte que les réglages de l'affaiblisseur constituent une mesure de l'étalonnage électro-acoustique en question.

Quelques points de l'étalonnage acoustique sont les suivants :

1. La relation entre la pression appliquée au microphone à cristal piézoélectrique et sa tension de sortie est indépendante de la fréquence et de la température.

2. Le milieu acoustique est l'air, à la pression et à la température de fonctionnement normal.

3. On a fait quelques mesures pour savoir jusqu'à quel degré le microphone et le récepteur à bobine mobile et l'équipement d'étalonnage subissent l'influence de la température. On a élevé de 16 degrés centigrades à 40 degrés centigrades la température de l'équipement d'étalonnage complet, ainsi que du microphone et du récepteur à bobine mobile. D'une façon générale, l'efficacité du microphone diminua d'environ 0,7 décibel. L'efficacité du récepteur resta pratiquement inchangée, sauf dans des bandes de fréquences d'une octave de part et d'autre de la fréquence de résonance du diaphragme, la variation maximum étant une diminution inférieure à 2 décibels. Les deux étalonnages reprirent leurs valeurs primitives quand les appareils furent revenus à la température ambiante.

ARCHIVES U.I.T. GENÈVE

4. Les dispositifs de couplage acoustique sont assez petits pour assurer l'uniformité de la pression acoustique.

5. Les mesures d'étalonnage peuvent être répétées avec des résultats égaux à $\pm 0{,}5$ décibel près (ou encore mieux dans le milieu de la bande des fréquences transmises).

6. Le dispositif de couplage acoustique du récepteur se présente sous la forme d'une oreille artificielle dont l'impédance acoustique comprend des termes ayant respectivement les dimensions d'une raideur acoustique et d'une résistance acoustique.

7. Le microphone est étalonné à pression constante aux différentes fréquences. La courbe d'étalonnage ainsi obtenue est reliée à la caractéristique de fonctionnement dans le champ acoustique libre mentionné ci-dessus en faisant une correction qui dépend de facteurs géométriques ; cette correction est déterminée une fois pour toutes au moyen d'un étalonnage dans le champ acoustique libre, par des mesures faites avec une bouche artificielle, dans une salle de caractéristiques acoustiques déterminées.

Le système étalon de travail S.E.T.E.D. a été construit en vue d'être employé comme système de référence pour des essais de netteté.

On peut aussi l'employer en réalisant des équilibres au point de vue du volume des sons vocaux reçus, pour déterminer des équivalents relatifs.

Dans les deux cas on peut établir les montages appropriés pour déterminer l'équivalent relatif (ou la valeur relative de l'affaiblissement équivalent pour la netteté) d'un système téléphonique commercial à la réception, à l'émission ou pour l'ensemble du système.

Les équivalents de référence du S.E.T.E.D., à l'émission et à la réception d'après les déterminations directes effectuées au Laboratoire du C.C.I.F., ont les valeurs suivantes :

l'équivalent de référence à l'émission du S.E.T.E.D. est 3,3 db meilleur que le S.F.E.R.T.,

l'équivalent de référence à la réception du S.E.T.E.D. est 1,1 db meilleur que le S.F.E.R.T.

On a aussi déterminé, par comparaison avec l'A.R.A.E.N., les A.E.N. du système complet, du système émetteur et du système récepteur :

l'A.E.N. à l'émission	est 3,3 $\pm$ 1,9 db meilleur que l'A.R.A.E.N.,
l'A.E.N. à la réception	est 10,2 $\pm$ 2,3 db meilleur que l'A.R.A.E.N.,
l'A.E.N. du système complet	est 17,3 $\pm$ 2,2 db meilleur que l'A.R.A.E.N.

Le S.E.T.E.D. est muni de dispositifs permettant d'injecter un bruit ou de produire un effet local à l'entrée de l'amplificateur de réception, mais les valeurs d'A.E.N. indiquées ci-dessus ont été déterminées en présence d'un bruit de salle transmis par voie aérienne, qui était aussi utilisé avec l'A.R.A.E.N. à l'époque où ces essais ont été effectués.

L'étalonnage du S.E.T.E.D. repose sur le microphone à cristaux de quartz qui utilise l'effet piézoélectrique direct dans une pile de cristaux de quartz taillés perpendiculairement à l'axe X (axe électrique) (voir la figure 15) ; une face de chaque cristal élémentaire est exposée à la pression acoustique, la face opposée est fixée d'une façon sûre à un bloc massif. Ainsi on est sûr que le déplacement de la face soumise à la pression acoustique est commandé par la raideur (stiffness controlled) du système mécanique combiné jusqu'à la fréquence de résonance de ce système (estimée à 20 kHz). Six cristaux élémentaires semblables sont empilés de telle sorte qu'ils soient électriquement en parallèle. L'avantage sur un seul bloc de quartz, en forme de parallélipipède rectangle, de dimensions équivalentes, est que l'impédance du générateur de force électromotrice équivalent est plus petite. Ceci facilite la construction de l'étage d'entrée (tube à vide) du préamplificateur associé au microphone à quartz. Un avantage fortuit est une petite amélioration de l'écart entre signal et bruit quand le facteur qui limite cet écart est le bruit d'agitation thermique dans la résistance de fuite de la grille du tube à vide de ce premier étage d'amplification.

C'est une condition impérative, pour appliquer au quartz le principe de l'effet piézo-électrique direct, de s'assurer que le déplacement produit par la pression acoustique est limité à une seule surface. En même temps, le montage de cristaux doit être exempt de contraintes mécaniques pour que l'efficacité du microphone soit calculable à partir des lois fondamentales de la piézoélectricité. Le type de construction adopté satisfait à ces conditions, une composition qui ne durcit pas en fonction du temps étant utilisée pour boucher un intervalle d'air entre les cristaux de quartz et le métal qui les entoure. Ceci empêche les ondes acoustiques d'avoir accès aux faces latérales des cristaux de quartz et en même temps n'influence pas la vibration de ces cristaux.

Les cristaux ayant été choisis et préparés avec le maximum de soin, on calcule l'efficacité du microphone en faisant les hypothèses raisonnables de l'homogénéité des cristaux et d'un effet de compression simple parallèle à l'axe Y (axe mécanique) qui est uniforme et égal en tout point de ces cristaux à la pression acoustique appliquée. On obtient

$$\frac{e}{p} = \frac{4\,\pi\,L_1\,d_{21}}{n\,K_{11}} \times 300$$

où e = force électromotrice à circuit électrique ouvert, en volts, entre faces adjacentes des cristaux ;
p = pression acoustique en baryes (dynes par cm^2) ;
n = nombre de cristaux élémentaires empilés ;
K_{11} = constante diélectrique du quartz dans la direction de l'axe X (4,55) ;
L_1 = dimension parallèle à l'axe X de la pile de cristaux élémentaires (en centimètres) (voir la figure 15) ;
d_{21} = constante piézoélectrique du quartz reliant l'effort de compression parallèle à l'axe Y à la polarisation électrique parallèle à l'axe X ($6{,}9 \times 10^{-8}$ unités électrostatiques de charge électrique par dyne).

On voit que la grandeur $\frac{e}{p}$ est indépendante de la fréquence, de sorte que la caractéristique de fonctionnement du microphone piézoélectrique aux diverses fréquences est vraiment uniforme. Ceci donne à ce microphone son caractère d'utilité comme étalon.

L'impédance du générateur de force électromotrice équivalent est celle d'un condensateur de capacité

$$C = \frac{1}{9 \times 10^{11}} \cdot \frac{n^2\,K_{11}\,a}{4\,\pi\,L_1} \text{ farads}$$

où a est l'aire de la partie revêtue de métal des faces principales (perpendiculaires à l'axe électrique X du cristal qui a été revêtue, aire légèrement inférieure à l'aire $L_2\,L_3$ de la face du cristal.

Des limites supérieures de l'efficacité $\frac{e}{p}$ et de C sont fixées par les conditions suivantes :

1. La fréquence de résonance du montage de cristaux doit être supérieure à la plus élevée des fréquences utilisées (ce qui détermine L_2).
2. Les dimensions linéaires de la face exposée à la pression acoustique doivent être petites devant la longueur d'onde des vibrations sonores dans l'air (ce qui détermine L_1 et L_3.

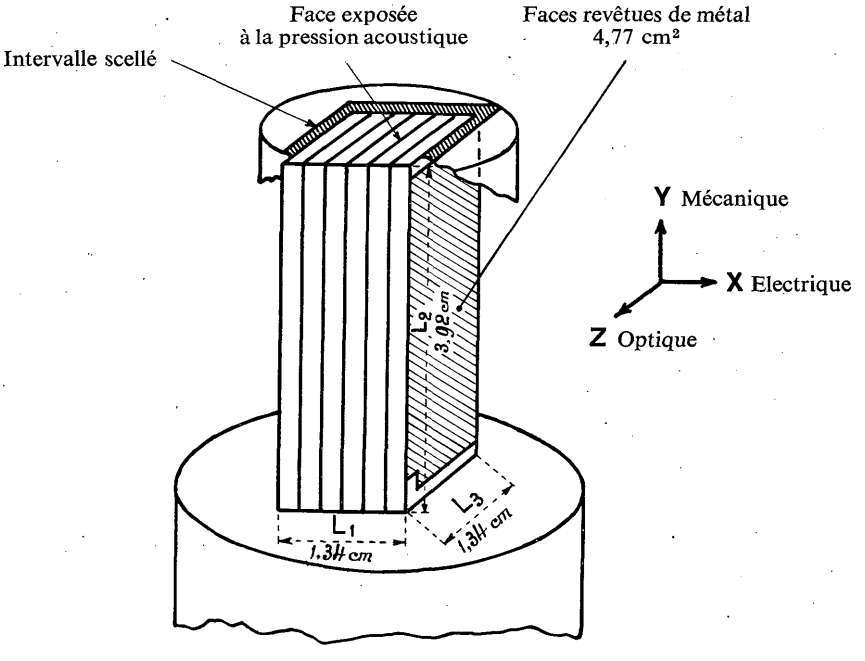


FIGURE 15

Les valeurs adoptées sont

$L_2 = 3{,}92$ cm
$L_1 = L_3 = 1{,}34$ cm
$a = 4{,}77$ cm^2
$n = 6$

d'après lesquelles on calcule l'efficacité :

$20 \log_{10} \left(\frac{e}{p}\right) = -97{,}9$ décibels par rapport à 1 volt par barye,
et la capacité $C =$ 51,5 micromicrofarads.

On maintient le gain du préamplificateur à une valeur suffisante pour des fréquences pouvant s'abaisser jusqu'à 100 Hz environ en employant une résistance de fuite de grille de 100 mégohms et un étage d'entrée comportant une pentode amplificatrice du type 155, dont la cathode est chauffée sous une tension inférieure à la tension normale de chauffage, ayant une capacité d'entrée d'environ 4 micromicrofarads. Toutefois les valeurs exactes des constantes des circuits de ce préamplificateur sont sans importance parce qu'elles sont éliminées par la méthode d'étalonnage, où l'on introduit une force électromotrice connue directement en série avec les cristaux piézoélectriques.

On a effectué des étalonnages secondaires du microphone à quartz en utilisant des microphones à sonde qui lui étaient couplés par un dispositif spécialement construit pour cet usage. Les étalonnages des trois microphones à sonde utilisés avaient été effectués directement par comparaison avec des étalons primaires. Les valeurs de l'efficacité du microphone à quartz déduites de ces étalonnages secondaires étaient $-98{,}2$ $-98{,}0$ $-98{,}4$ décibels par rapport à 1 volt par barye, à comparer à la valeur de $-97{,}9$ décibels obtenue par le calcul.

3.1.3 Système de référence pour la détermination des affaiblissements équivalents pour la netteté

A. — Système de référence pour la détermination des A.E.N. (S.R.A.E.N.)

Le système de référence pour la détermination des A.E.N. (S.R.A.E.N.) est un système composé des éléments suivants :

— l'appareil de référence pour la détermination des affaiblissements équivalents pour la netteté (A.R.A.E.N.) (décrit en détail au § B ci-après).

— un filtre passe-bande ayant des fréquences de coupure de 300 et 3400 Hz

— un dispositif permettant d'injecter à l'entrée du système récepteur de l'A.R.A.E.N. un « bruit de fond électrique » (spectre de Hoth) ayant en ce point (point M de la figure 16) une force électromotrice psophométrique de 2 millivolts.

Le schéma de principe du S.R.A.E.N. est donné par la figure 16 ci-après.

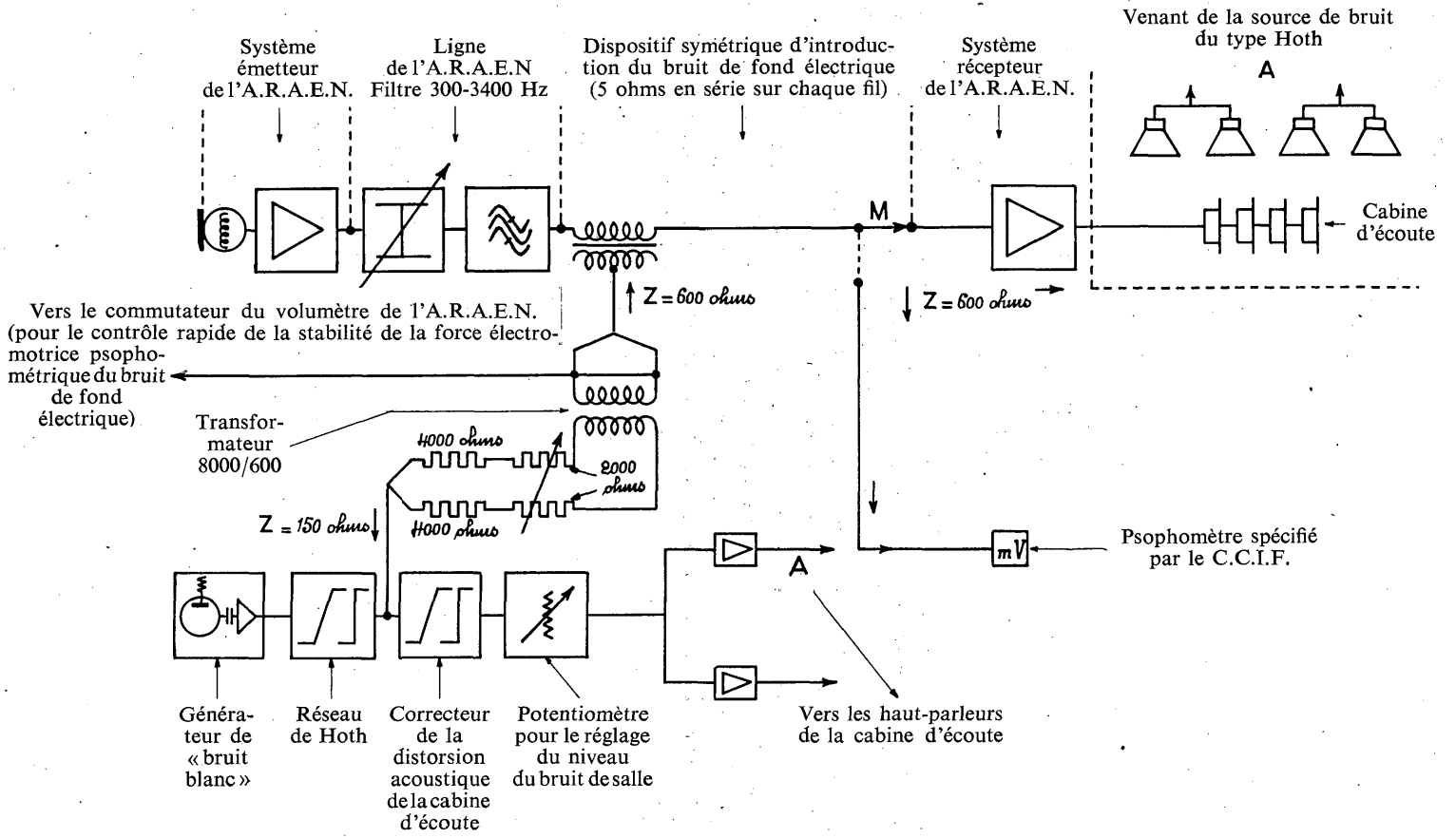


FIGURE 16. — *Schéma de principe du S.R.A.E.N. ainsi que du dispositif d'introduction du « bruit de fond électrique » dans l'A.R.A.E.N., et la mesure de la tension psophométrique relative à ce bruit*

B. — Appareil de référence pour la détermination des affaiblissements équivalents pour la netteté (A.R.A.E.N.)

B.1. — *Généralités*

L'A.R.A.E.N. comprend trois parties principales :

1. Le système de transmission téléphonique proprement dit, qui peut être subdivisé en système émetteur, ligne et système récepteur.
2. Un équipement commun, destiné à fournir le bruit de salle et des circuits d'intercommunication.
3. Un équipement d'étalonnage disposé de façon à faciliter la maintenance correcte du Système de référence.

Le système de transmission comprend un microphone à bobine mobile, des amplificateurs d'émission et de réception, des affaiblisseurs de ligne et quatre récepteurs téléphoniques à bobine mobile. On dispose d'un filtre de ligne ayant une caractéristique de transmission analogue à la caractéristique moyenne d'une voie téléphonique d'un système à courants porteurs où les fréquences porteuses sont espacées de 4 kHz. Ce filtre peut être inséré soit dans le système de transmission de l'A.R.A.E.N., soit dans le système téléphonique essayé. Le système de transmission complet, quand le filtre est mis hors circuit, est construit de façon à reproduire les caractéristiques de transmission d'un mètre d'air dans le champ acoustique libre, en admettant que dans cette transmission à l'air libre on emploie l'écoute mono-auriculaire. Les réglages normaux des amplificateurs d'émission et de réception sont tels que ces caractéristiques soient reproduites quand un affaiblissement non réactif de 30 décibels est introduit en ligne.

Le bruit de salle est engendré, sous la forme d'un bruit à spectre continu, en amplifiant les fluctuations, qui se produisent au hasard, du courant anodique d'un thyratron. Le spectre de ce bruit est rendu conforme au spectre moyen des bruits observés dans les locaux où se trouvent des postes téléphoniques.

Des microphones à sonde (probe-tube microphones) étalonnés sont fournis comme étalons secondaires destinés à être utilisés :

a) avec une oreille artificielle pour observer le fonctionnement des récepteurs à bobine mobile, et

b) avec un coupleur clos pour observer le fonctionnement des microphones.

Des disques de Rayleigh et un tube à ondes stationnaires sont fournis pour constituer un étalon primaire et servent à étalonner les microphones à sonde. Un oscillateur, des milliampèremètres et des équipements auxiliaires complètent l'équipement de mesures électro-acoustiques.

Ce système est défini d'une façon rigoureuse dans les documents conservés au Secrétariat du C.C.I.F. et au Laboratoire du C.C.I.F., en outre, le document polycopié intitulé : « Projet d'instruction sommaire pour l'utilisation et la maintenance du Laboratoire du C.C.I.F. » donne une description résumée de l'appareil et de ses conditions d'emploi.

B.2. — *Le Système de transmission*

Ce système de transmission se compose essentiellement des organes dont les caractéristiques sont indiquées dans le tableau ci-après et dont l'interconnexion est réalisée, conformément au schéma de la figure 17, au moyen d'un panneau de commutation de ligne.

Organe	Caractéristiques du fonctionnement
Microphone Standard Telephone and Cables type 4021 E.	Distorsion d'affaiblissement $\pm$2,5 décibels dans la bande des fréquences de 80 à 6000 Hz (ramenée entre des limites encore plus rapprochées par un correcteur de distorsion d'affaiblissement séparé).
Amplificateur microphonique.	Impédance d'entrée : grande par rapport à l'impédance de 20 ohms du microphone. Impédance de sortie : 600 $\pm$50 ohms dans toute la bande des fréquences de 80 à 6000 Hz. Le gain a une valeur fixe. Gain sans contre-réaction : 68 décibels. Gain avec contre-réaction : 47 $\pm$0,2 db dans toute la bande des fréquences de 80 à 6000 Hz. Niveau maximum du bruit à la sortie (l'entrée étant bouclée sur une résistance de 20 ohms) : $-$82 db par rapport à 1 volt aux bornes d'une résistance de 600 ohms.
Amplificateur d'émission (ou de réception).	Impédances d'entrée et de sortie : 600 $\pm$50 ohms. Gain sans contre-réaction : 100 décibels. Gain maximum avec contre-réaction : 64 décibels. Distorsion d'affaiblissement : $\pm$0,3 db dans toute la bande des fréquences de 50 à 6000 Hz. Intervalle de réglage du gain : 48 db (par échelons de 0,2 db).
Récepteur téléphonique Standard Telephone and Cables, type 4026 A.	Distorsion d'affaiblissement (quand le récepteur est appliqué sur une oreille humaine) : $\pm$5 décibels dans la bande des fréquences de 80 à 6000 Hz. (avant correction de la distorsion d'affaiblissement).

B.3. — *Equipement destiné à fournir le bruit de salle et divers circuits d'intercommunication*

Cet équipement dont le schéma des connexions est donné par la figure 18, comprend :

1. Une source de bruit (thyratron) ;
2. Des amplificateurs de puissance alimentant des haut-parleurs ;
3. Un sonomètre, qui peut être introduit par commutation aux divers points d'écoute ; et
4. Un équipement téléphonique à haut-parleurs pour faciliter l'intercommunication entre les membres de l'équipe d'opérateurs.

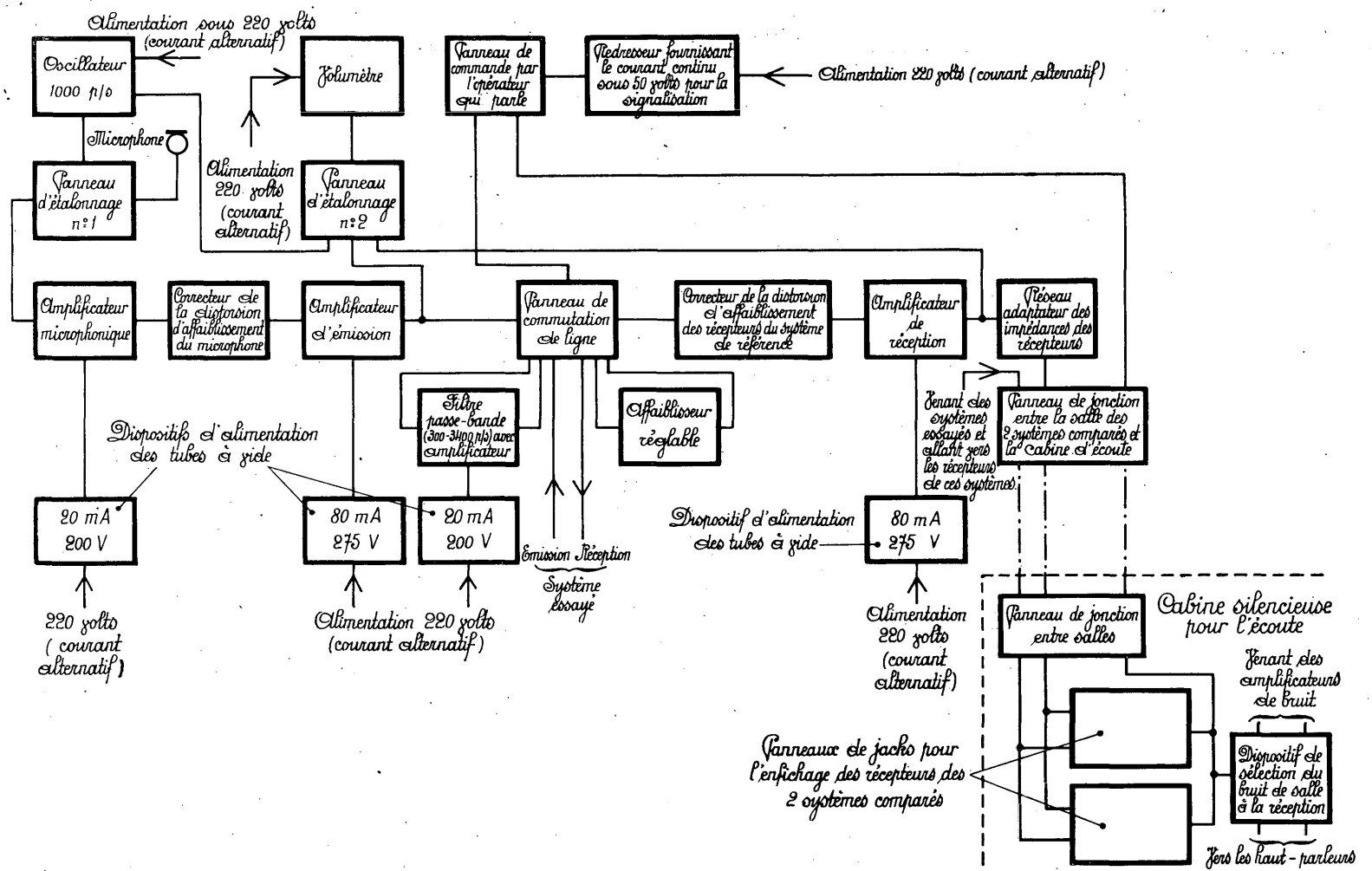


FIGURE 17. — *Schéma de l'Appareil de Référence pour la détermination des Affaiblissements Equivalents pour la Netteté (A.R.A.E.N.)*

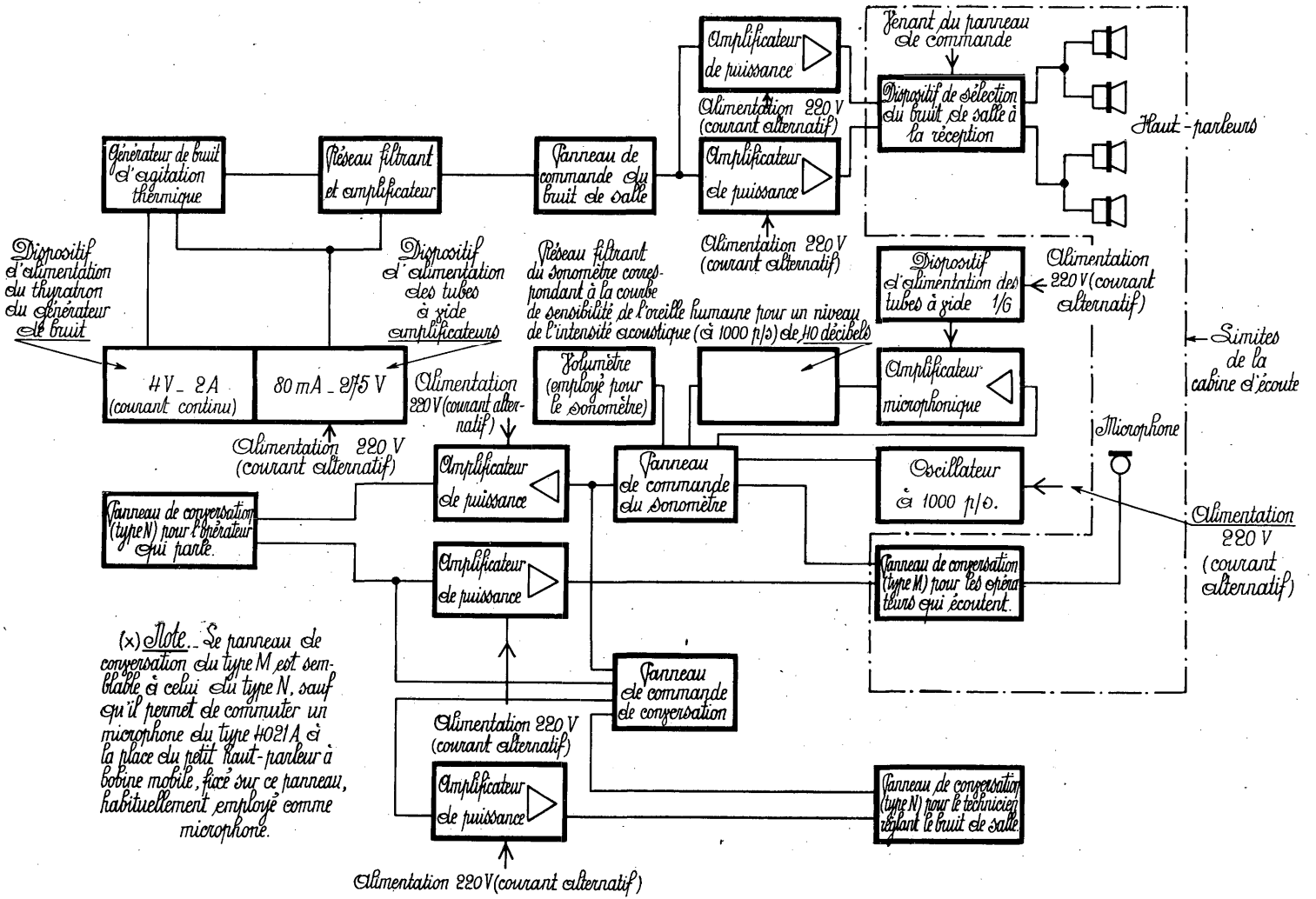


FIGURE 18. — *Equipement pour la production et la mesure du bruit de salle, et pour les conversations de service entre opérateurs*

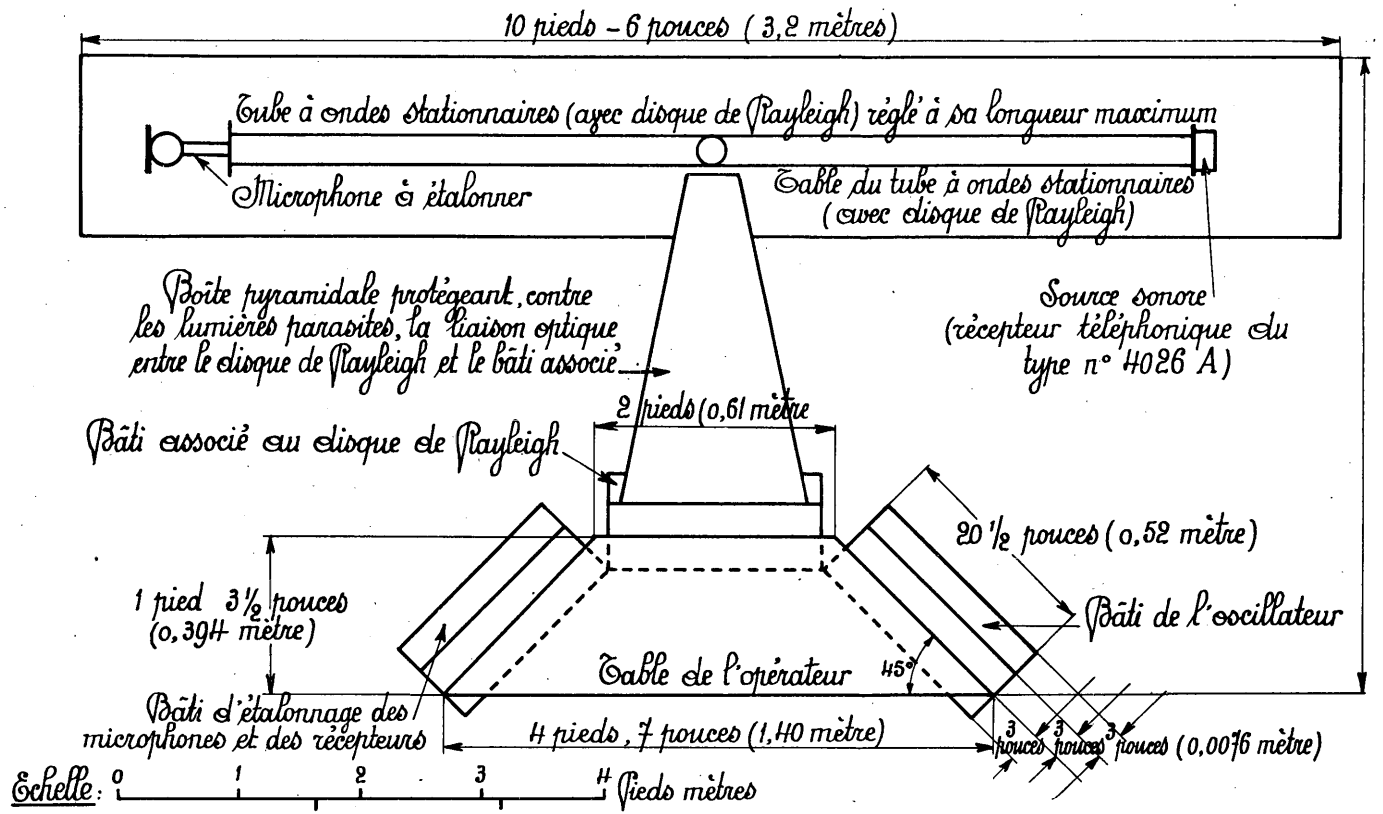


FIGURE 19. — *Plan de l'équipement pour l'étalonnage des microphones et des récepteurs de l'Appareil de Référence pour la détermination des Affaiblissements Equivalents pour la Netteté (A.R.A.E.N.)*

B.4 — *Equipement d'étalonnage*

La figure 19 représente la disposition générale de l'équipement électro-acoustique d'étalonnage. La méthode d'emploi de cet équipement au Laboratoire du C.C.I.F. est décrite dans l'Annexe 5 du *Livre d'annexes* au tome IV du *Livre Vert*.

Le disque de Rayleigh est suspendu au centre du tube à ondes stationnaires et l'on dispose, à la table de l'opérateur, de moyens d'observer sa déviation angulaire (d'après laquelle on peut calculer les pressions sonores à l'extrémité du tube). La sonde du microphone à sonde à étalonner est introduite dans un trou pratiqué dans une plaque qui ferme une extrémité du tube à ondes stationnaires ; l'autre extrémité est fermée par un récepteur téléphonique à bobine mobile, alimenté par un oscillateur situé à droite de l'opérateur. On lit l'intensité du courant à la sortie du microphone à sonde sur un ampèremètre monté devant l'opérateur.

On effectue l'étalonnage du microphone à sonde en réglant la fréquence de l'oscillateur de façon à produire une onde stationnaire dans le tube, ce qui donne des maxima simultanés de la déviation du disque de Rayleigh et de l'intensité du courant à la sortie du microphone. Pour un réglage quelconque de la longueur du tube à ondes stationnaires, on peut utiliser pour l'étalonnage la fréquence correspondant au mode fondamental de résonance dans le tube (environ 100 Hz) et tous ses harmoniques impairs. Pour obtenir des points de la courbe d'étalonnage à d'autres fréquences, il est nécessaire de modifier la longueur du tube ; on dispose de moyens de le faire, mais il ne sera pas nécessaire d'y avoir recours pour les vérifications périodiques de l'efficacité des microphones à sonde.

Le bâti situé à gauche de la table de l'opérateur contient l'équipement qui sert à vérifier les efficacités des microphones et des récepteurs du Système de référence (A.R.A.E.N.) par comparaison avec un microphone à sonde étalonné. Les principaux appareils employés pour ces opérations sont les suivants :

Microphone à sonde. — Pour l'étalonnage de ce Système de référence, on dispose de deux microphones à sonde et d'un amplificateur-correcteur de distorsion d'affaiblissement ; la caractéristique de fonctionnement aux diverses fréquences de l'ensemble du microphone à sonde et de l'amplificateur, la contre-distorsion d'affaiblissement ayant été réalisée, est sensiblement uniforme depuis environ 80 Hz jusqu'à 6000 Hz.

Oreille artificielle. — C'est un dispositif présentant à un récepteur téléphonique une impédance acoustique de charge équivalente à celle d'une oreille humaine, et permettant de mesurer la pression acoustique en un point spécifié, à l'intérieur de cette oreille artificielle, au moyen d'un microphone à sonde.

Coupleur clos. — C'est une petite cavité cylindrique fermée à une extrémité par un récepteur téléphonique à bobine mobile (qui constitue la source sonore) et à l'autre extrémité par le microphone essayé, avec la possibilité d'y faire pénétrer le bout de la sonde d'un microphone à sonde pour mesurer la pression acoustique. On peut ainsi obtenir un étalonnage du microphone à pression constante, dans des conditions de mesure spécifiées, qui est suffisant pour déceler n'importe quelle variation de l'efficacité du microphone.

Un milliampèremètre à bobine mobile de haute qualité et un milliampèremètre à thermocouple sont associés à l'équipement d'étalonnage comme étalon

primaire et étalon secondaire (respectivement) pour les mesures électriques, et cet équipement comporte des montages permettant de commuter les différentes parties de l'équipement électrique pour faciliter les étalonnages périodiques.

Remarque. — Il est quelquefois commode, quand on emploie un Système téléphonique de référence pour des essais de netteté, d'enregistrer les paroles prononcées par l'opérateur pour l'aider dans son entraînement à prononcer correctement. Un appareil d'enregistrement convenant pour être employé en conjugaison avec le microphone et les récepteurs téléphoniques de l'A.R.A.E.N. existe, et a été envoyé au Laboratoire du C.C.I.F. On ne devrait pas considérer cet appareil comme faisant partie spécifiquement de l'A.R.A.E.N.

B.5. — *Efficacité théorique de l'A.R.A.E.N. complet*

L'A.R.A.E.N. a été construit de façon que, dans la position normalisée (définie ci-après) du microphone, l'ensemble compris entre la bouche de l'opérateur qui parle et l'oreille de celui qui écoute représente au point de vue acoustique un mètre d'air ; l'A.R.A.E.N. représente alors la partie comprise entre un point qui se trouve à 13,25 pouces (environ 33,5 centimètres) des lèvres de l'opérateur qui parle (position du centre du microphone) * et l'oreille de l'opérateur qui écoute, située à 1 mètre des lèvres de l'opérateur qui parle, l'opérateur qui écoute faisant face à l'opérateur qui parle.

Si l'on néglige l'effet produit sur le champ acoustique par la tête de l'opérateur qui écoute, la différence des pressions acoustiques entre ces deux points est théoriquement :

$$20 \log_{10} \frac{39{,}37}{13{,}25} = 20 \log_{10} \frac{100}{33{,}5} = 9{,}5 \text{ décibels.}$$

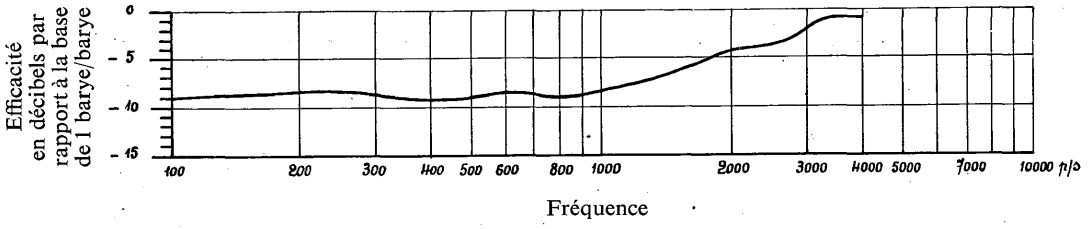
Si l'on tient compte de l'effet produit par la tête de l'opérateur qui écoute d'après la courbe *b* de la figure 20 ci-après, on a les valeurs suivantes :

Fréquence	Augmentation de pression due à la présence dans le champ acoustique de la tête de l'opérateur qui écoute	Valeur théorique d'affaiblissement
100 Hz	0 db	9,5 db
300 Hz	0 db	9,5 db
1 000 Hz	1 db	8,5 db
2 000 Hz	4,6 db	4,9 db

Efficacité du système émetteur de l'A.R.A.E.N. — L'efficacité du système émetteur a été fixée à une valeur permettant de contrôler la puissance vocale au moyen d'un volumètre spécifié (voir la section **3**.2.2 ci-après) branché à la sortie de ce système émetteur.

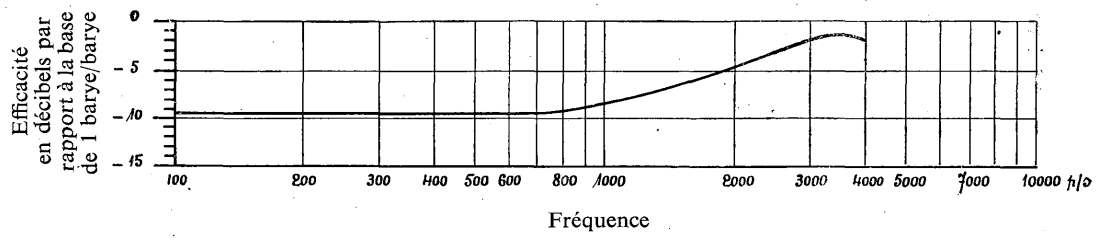
La « tension vocale » appliquée à l'entrée de la ligne et lue sur ce volumètre est de 1 volt lorsque l'opérateur parle avec la « puissance vocale de référence pour l'A.R.A.E.N. » (voir la section **3**.1.4 ci-après). Dans ces conditions, la pression acoustique appliquée au diaphragme du microphone est égale à une barye.

* Le bord de la grille de protection du microphone se trouve à 12 pouces (1 pied) des lèvres de l'opérateur qui parle.



a) Courbe caractéristique de fonctionnement de l'ensemble de l'A.R.A.E.N., avec le microphone n° 1284 (modèle 4021 E) et un récepteur téléphonique typique (du modèle 4026 A), le filtre passe-bande n'étant pas inséré *.

Conditions de réglage { Gain de l'amplificateur d'émission « Normal »
Affaiblissement de la ligne 30 db
Gain de l'amplificateur de réception « Normal +1 db »



b) Courbe caractéristique de transmission dans l'air libre sur une distance égale à 1 mètre — « distance de conversation » — compte tenu de la déformation du champ acoustique par la présence de la tête de l'observateur qui écoute (définition théorique de la courbe caractéristique de l'A.R.A.E.N., dans les conditions de réglage précitées).

FIGURE 20. — *Appareil de référence pour la détermination des affaiblissements équivalents pour la netteté (A.R.A.E.N.)*

Efficacité du système récepteur de l'A.R.A.E.N. — L'efficacité du système récepteur a été déterminée par convention de telle sorte que la condition indiquée ci-dessus (pour l'efficacité « air à air » de l'A.R.A.E.N.) soit remplie, pour une valeur de l'affaiblissement de la ligne égale à 30 décibels.

Le tableau ci-dessous donne les valeurs de la pression acoustique (en décibels par rapport à une barye) produite par un récepteur quand on applique à l'entrée de la partie électrique du système récepteur une tension de —30 décibels par rapport à un volt, c'est-à-dire quand une pression de une barye est appliquée au microphone.

---

* *Note.* — L'effet de ce filtre est de produire une coupure brusque à 300 et 3400 Hz ; entre ces fréquences il introduit une distorsion d'affaiblissement supplémentaire inférieure à ±0,5 décibel.

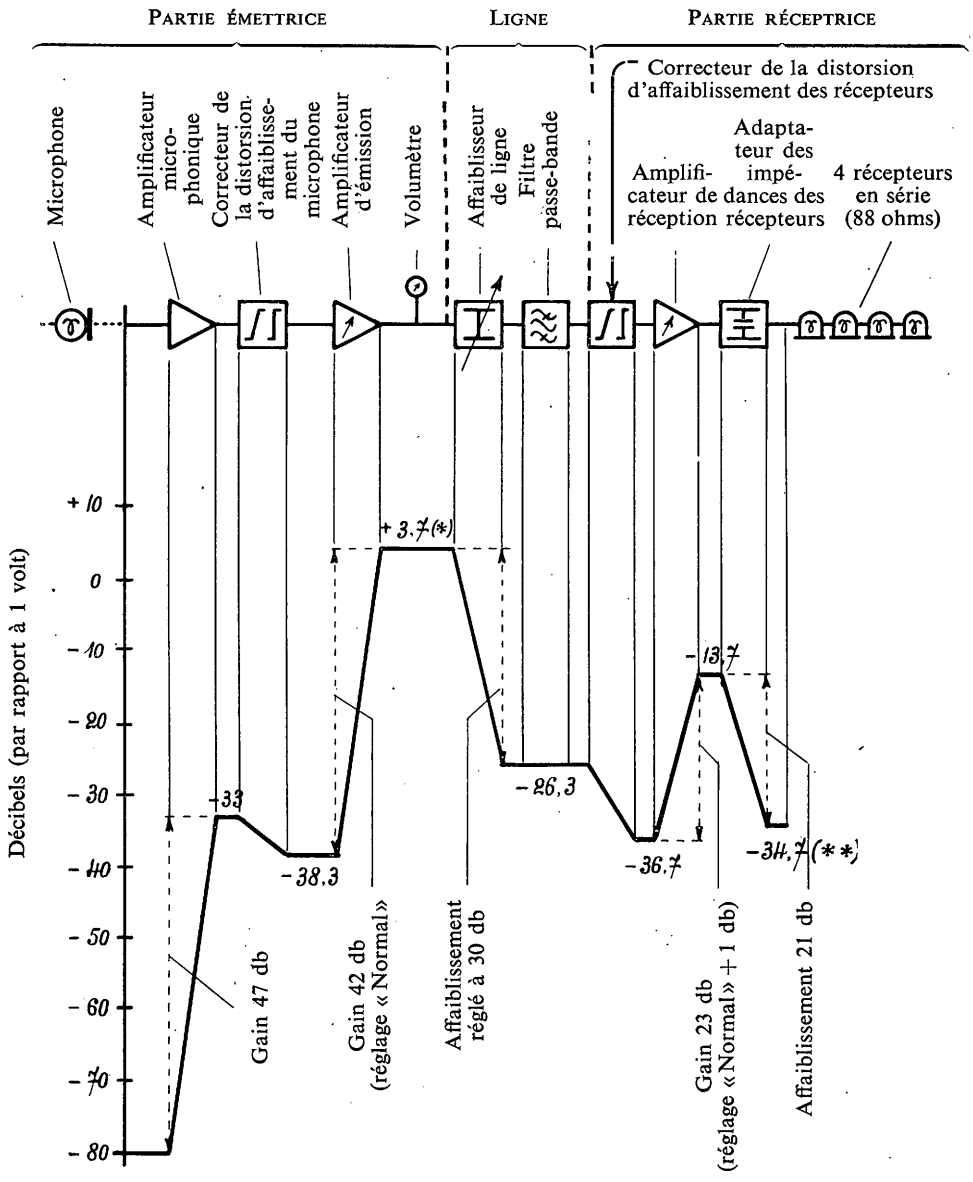


FIGURE 21. — *Hypsogramme de l'A.R.A.E.N. quand on applique au jack du microphone un signal de mesure sinusoïdal à 1000 Hz au niveau —80 db par rapport à 1 volt, dans les conditions de réglage suivantes :*
(amplificateur d'émission : « Normal »)
(amplificateur de réception : « Normal » + 1 db)
(affaiblisseur de ligne : 30 db).

---

* Le volume mesuré en ce point est de 0 db (par rapport à 1 volt) quand le microphone est branché et que l'opérateur parle avec la puissance vocale de référence pour l'A.R.A.E.N.

** Avec une tolérance de :
- ±1,5 db si le filtre passe-bande est en circuit
- ±1,0 db si ce filtre est hors circuit

Fréquence	Tension à l'entrée du système récepteur (sortie de la ligne)	Affaiblissement total de la partie électrique du système récepteur	Tension appliquée à un récepteur	Efficacité moyenne du récepteur	Pression acoustique produite par un récepteur
Hz	db par rapport à 1 volt	db	db par rapport à 1 volt	db par rapport à 1 barye/volt	db par rapport à 1 barye
100	−30	25,8	−55,8	46,0	−9,8
300	−30	25,2	−55,2	46,1	−9,1
1 000	−30	19,5	−49,5	41,2	−8,3
2 000	−30	15,4	−45,4	41,4	−4,0

Le tableau ci-après permet de comparer les valeurs théoriques indiquées ci-dessus pour l'affaiblissement de l'ensemble de l'A.R.A.E.N. et les valeurs réelles de cet affaiblissement.

Fréquence	Affaiblissement de l'ensemble de l'A.R.A.E.N.		
	Valeur théorique	Valeur réelle	Valeur réelle corrigée pour tenir compte de la position de la sonde dans l'oreille artificielle *
Hz	db	db	db
100	9,5	9,8	9,8
300	9,5	9,1	9,1
1 000	8,5	8,3	8,3
2 000	4,9	4,0	4,3

* Cette correction est nécessaire parce que la valeur de pression tenant compte de la présence (dans le champ acoustique) de la tête de l'opérateur qui écoute est rapportée à l'orifice externe du canal auditif, tandis que dans l'oreille artificielle la sonde du microphone est placée à la partie inférieure de la cavité de cette oreille artificielle ; la région correspondant à l'orifice externe du canal auditif de l'oreille humaine se trouve près de la partie supérieure de la cavité de l'oreille artificielle. Cette correction devient très importante aux fréquences élevées. Les différences entre les valeurs mesurées (ainsi corrigées) et les valeurs théoriques sont dues à de petites variations des caractéristiques « efficacité-fréquence » des récepteurs.

En pratique, il est nécessaire de tenir compte, pour les réglages des gains des amplificateurs des systèmes émetteur et récepteur, des différences entre les caractéristiques « efficacité-fréquence » individuelles des microphones et des récepteurs. Le Laboratoire du C.C.I.F. dispose de la documentation nécessaire pour déterminer ces corrections d'après les petites variations d'efficacité des microphones et des récepteurs qui sont constatées lors des mesures d'étalonnage. La figure 21 donne l'hypsogramme de l'A.R.A.E.N. dans sa position de « réglage normal ».

C. — Description et réglage du S.R.A.E.N.

Le système de référence pour la détermination des A.E.N. (désigné en abrégé par S.R.A.E.N.) est constitué par les éléments suivants :

— l'A.R.A.E.N. ;
— un filtre passe-bande 300-3400 Hz
— un dispositif pour l'introduction du « bruit de fond électrique ».

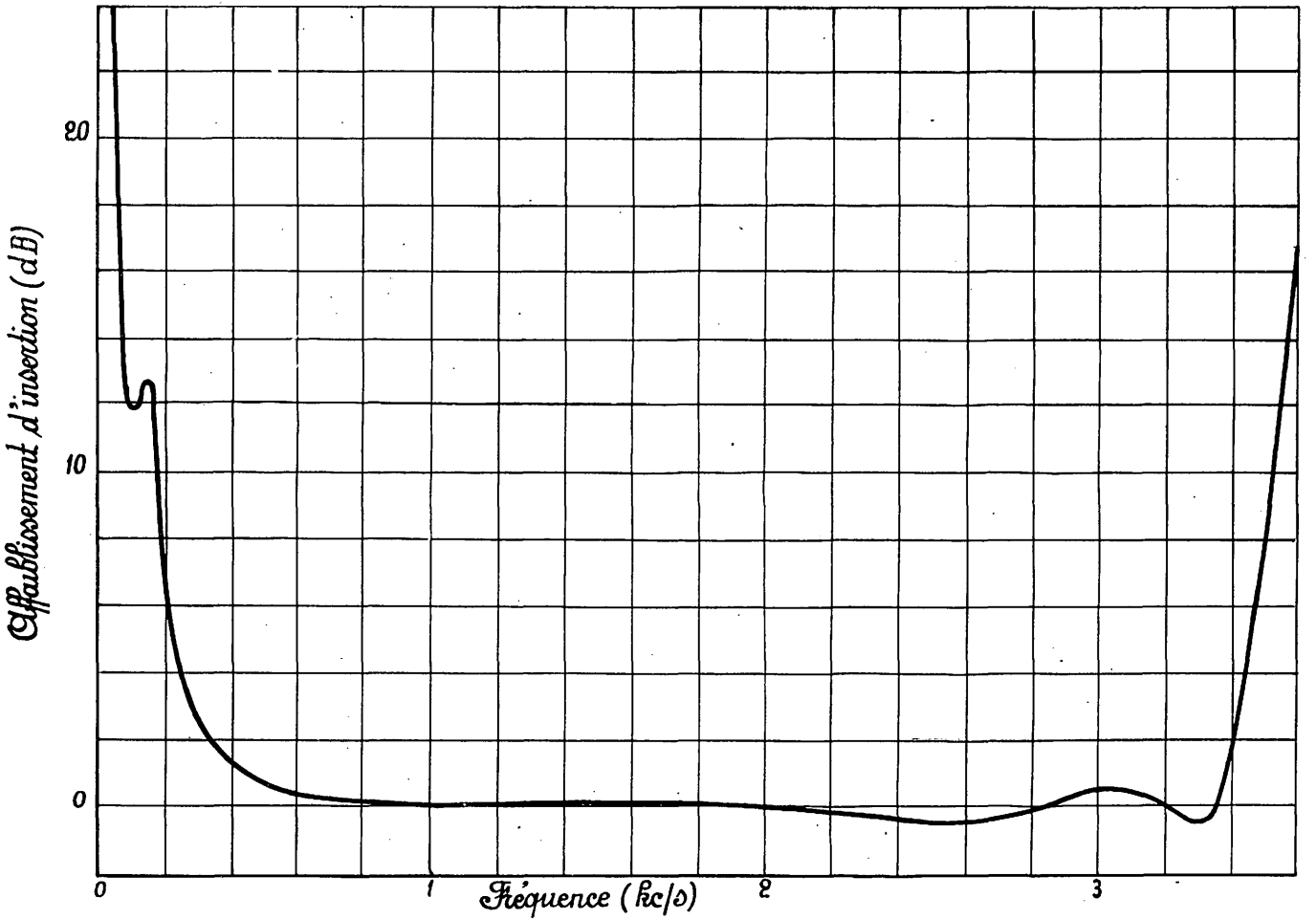


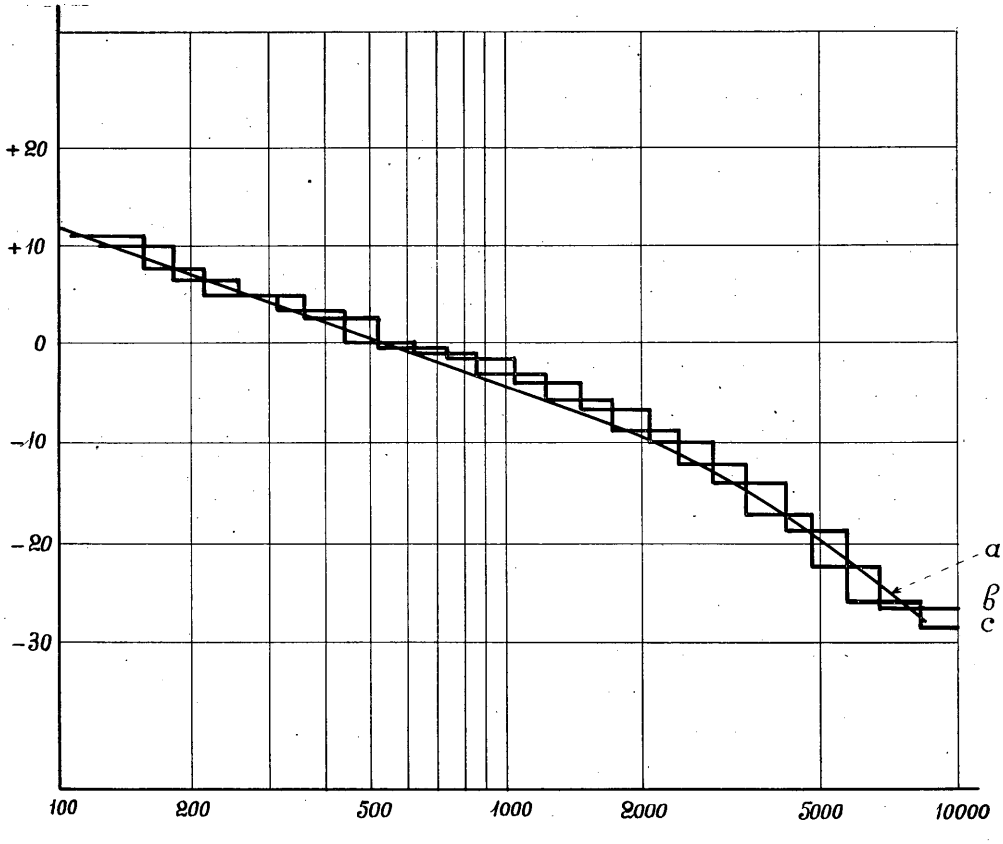
FIGURE 22. — *Affaiblissement d'insertion (mesuré entre des impédances de 600 ohms) du filtre passe-bande 300-3400 p/s*

C.1. — *A.R.A.E.N.*

L'A.R.A.E.N. est décrit dans le chapitre B ci-dessus.

C.2. — *Filtre passe-bande 300/3400 Hz*

Le filtre passe-bande a des fréquences de coupure de 300 à 3400 Hz ; il imite les caractéristiques de transmission de l'ensemble d'une voie téléphonique à courant porteur typique. Son affaiblissement d'insertion ne varie pas de plus de ±0,5 db dans la bande des fréquences allant de 300 à 3400 Hz. Pour les fréquences supérieures à 3400 Hz son affaiblissement d'insertion augmente pour atteindre une valeur d'au moins 30 db à 4000 Hz et conserve cette valeur pour toutes les fréquences supérieures à 4000 Hz.



a ——— Courbe spectrale énergétique moyenne des bruits observés dans les locaux où se trouvent des postes téléphoniques (publiée par Hoth).

b ——— } Graphique spectral énergétique typique du bruit de fond électrique injecté à l'entrée du système récepteur de l'A.R.A.E.N. (relevé au Laboratoire du C.C.I.F. avec 2 jeux de filtres à demi-octaves).

c ———

FIGURE 23. — *Courbe spectrale énergétique du « bruit de fond électrique » injecté à l'entrée du système récepteur de l'A.R.A.E.N.*

C.3. — *Bruit de fond électrique*

A l'entrée du système récepteur de l'A.R.A.E.N. on injecte un « bruit de fond électrique » ayant le spectre de Hoth et une force électromotrice psophométrique de 2 millivolts mesurée, en ce point, avec le psophomètre pour circuits téléphoniques commerciaux spécifié par le C.C.I.F. La figure 23 donne la courbe spectrale énergétique moyenne des bruits observés dans les locaux où se trouvent ces postes téléphoniques (spectre de Hoth) (courbe *a*) ainsi que des graphiques typiques *b* et *c* relevés au Laboratoire du C.C.I.F. avec deux jeux de filtres à demi-octaves.

Remarque. — Les Administrations et Exploitations privées peuvent envisager l'emploi d'autres systèmes étalons de travail pour la détermination des A.E.N., ces systèmes étant étalonnables par comparaison avec le S.R.A.E.N.

3.1.4 Mesure de l'A.E.N. d'un système téléphonique commercial (à l'émission et à la réception) par comparaison avec le S.R.A.E.N.

I. — Introduction

La présente recommandation s'applique aux essais effectués couramment au Laboratoire du C.C.I.F. pour déterminer les A.E.N. de systèmes téléphoniques commerciaux envoyés à ce Laboratoire par les Administrations ou des Exploitations privées reconnues.

On désigne ci-après par « expérience » l'ensemble des opérations effectuées sur un type donné de système téléphonique commercial et qui comprennent :

a) des mesures d'équivalents de référence (à l'émission et à la réception), précédant les essais de netteté, afin de vérifier le bon état de fonctionnement de ces systèmes et de permettre, si c'est nécessaire, une vérification ultérieure de leur stabilité ;

b) des essais de netteté où l'on compare les systèmes indiqués dans le tableau ci-après :

N° du système	Système émetteur	Système récepteur	Bruit à la réception
1	A.R.A.E.N.	A.R.A.E.N.	Bruit de fond électrique.
2	commercial	A.R.A.E.N.	Bruit de fond électrique.
3	A.R.A.E.N.	commercial	Bruit de salle de 60 db (spectre de Hoth).

Système 1. — « Système de référence pour la détermination des A.E.N. », c'est-à-dire S.R.A.E.N. complet (avec le filtre passe-bande de 300 à 3400 Hz inséré en ligne et le « bruit de fond électrique » (voir la section **3.**1.3 ci-dessus).

Système 2. — Système émetteur commercial relié au système récepteur de l'A.R.A.E.N. par l'intermédiaire de la ligne artificielle de l'A.R.A.E.N. munie du même filtre passe-bande.

Système 3. — Système émetteur de l'A.R.A.E.N. relié au système récepteur commercial, par l'intermédiaire de la ligne artificielle de l'A.R.A.E.N. munie du même filtre passe-bande.

Remarque. — Les extrémités de l'A.R.A.E.N. (c'est-à-dire le microphone et les quatre récepteurs) sont placées dans des cabines spéciales à l'abri de toute perturbation d'origine extérieure ; les parois intérieures de ces cabines ont reçu un traitement acoustique approprié.

II. — Conditions de mesure

Systèmes téléphoniques utilisés

Pour un type donné de système téléphonique commercial d'abonné faisant l'objet d'une expérience, l'Administration ou Exploitation privée intéressée doit fournir cinq systèmes téléphoniques comprenant chacun :

- un poste téléphonique d'abonné,
- une maquette d'alimentation reproduisant le dispositif d'alimentation,
- une ligne artificielle d'abonné représentant la condition la plus défavorable que cette Administration ou Exploitation privée permet *normalement* dans les communications téléphoniques internationales.

Au cours des mesures d'équivalent de référence et des essais de netteté, les postes d'abonné sont alimentés conformément aux indications fournies par l'Administration ou l'Exploitation privée intéressée.

II.1. — *Distance de conversation*

La « distance de conversation » utilisée pour la mesure d'un A.E.N. à l'émission est déterminée par les valeurs moyennes des paramètres suivants (définis aux pages 146 à 151, section 3.4.2, § C).

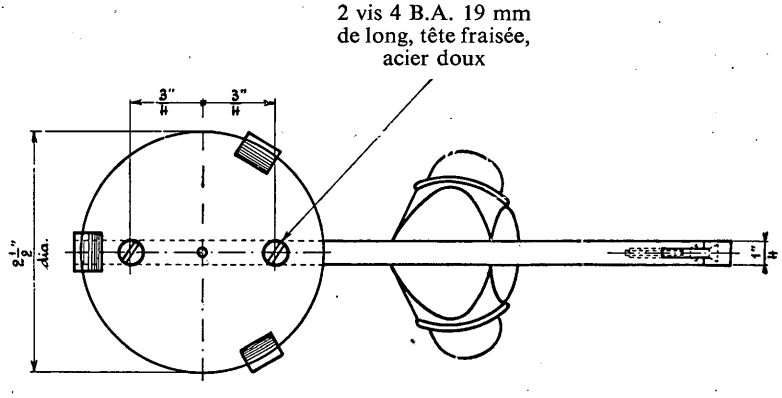
$$\alpha = 22° \qquad \beta = 12°54' \qquad \delta = 13{,}6 \text{ cm}$$

L'Administration ou Exploitation privée intéressée a donc à fournir en même temps que les cinq systèmes téléphoniques d'abonné, deux anneaux de garde au total, pour cette « distance de conversation », ainsi que deux anneaux de garde pour la mesure des équivalents de référence ; les valeurs des paramètres définissant cette dernière « distance de conversation » sont indiquées page 151 et reproduites ci-après :

$$\alpha = 15°30' \qquad \beta = 18° \qquad \delta = 14 \text{ cm}$$

II.2. — *Puissance vocale utilisée au cours des essais*

La puissance vocale utilisée est la puissance vocale de référence pour l'A.R.A.E.N. — La puissance vocale de référence pour l'A.R.A.E.N. est la puissance vocale qui, en un point situé à une distance de 33,5 cm des lèvres de l'opérateur qui parle et directement en face, produit une pression acoustique vocale donnant, pour chacune des trois syllabes : Kan, Kon, Baj... de la phrase de liaison



Dessin coté en pouces. 1 pouce = 25,4 mm Matériau : duralumin Fini : net

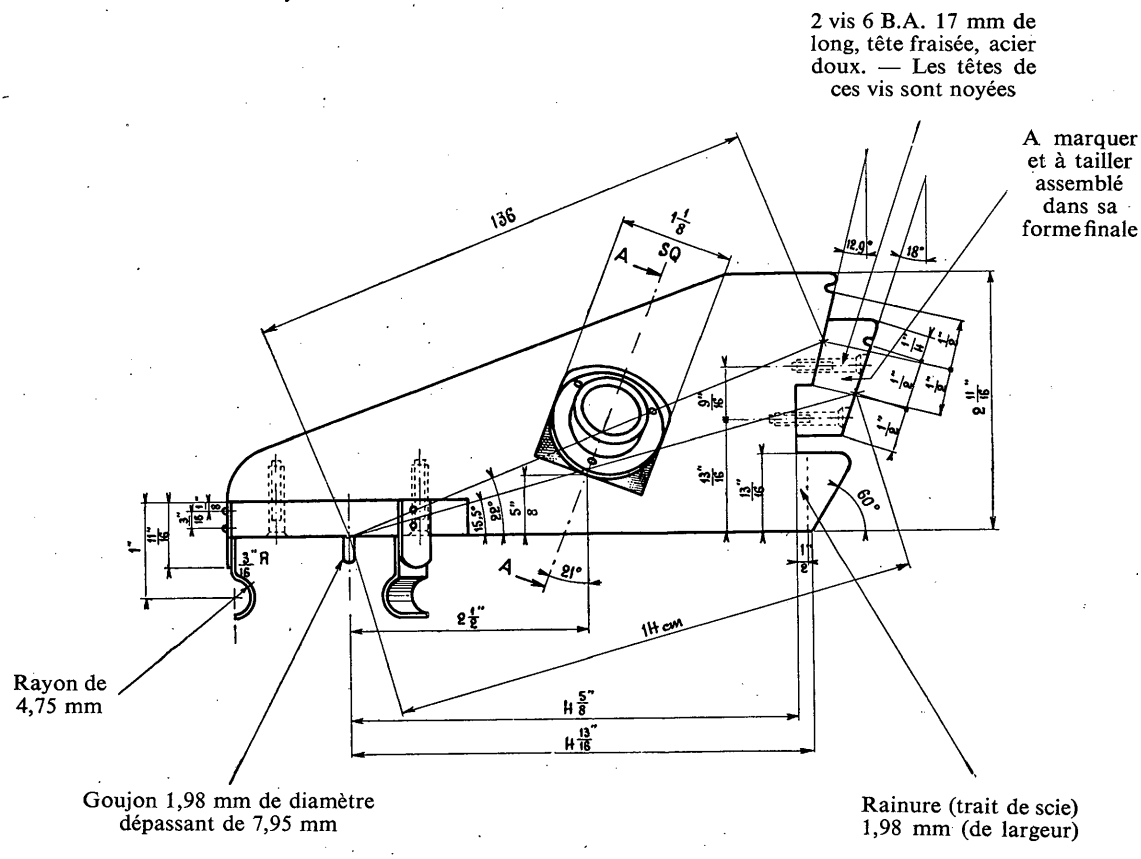


FIGURE 24. — *Type de jauge utilisée pour le réglage des combinés dans les essais de netteté au Laboratoire du C.C.I.F.*

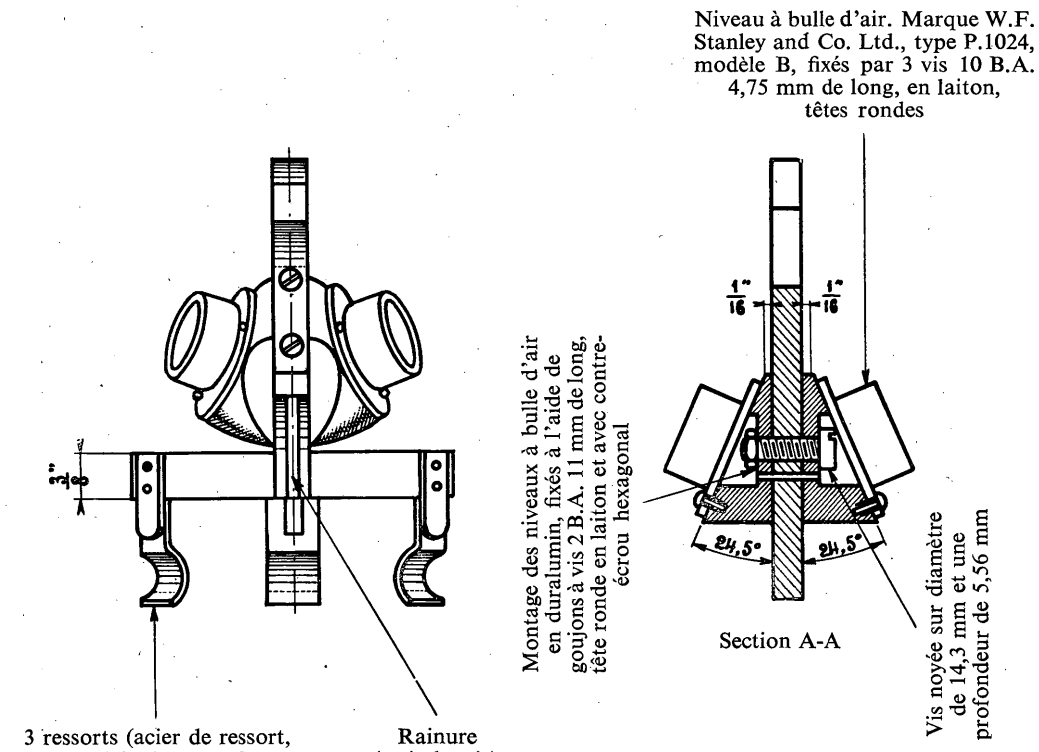


FIGURE 24 (suite)

(employée dans les essais de netteté) une déviation de l'aiguille de l'instrument indicateur d'un volumètre spécifié (voir la section **3.**2.2 ci-après) relié à un système microphone-amplificateur » spécifié, égale à celle obtenue par l'application en ce même point en régime permanent d'une pression acoustique de 1 barye à 1000 Hz.

II.3. — *Fixation des combinés*

Avec les valeurs ci-dessus de α, β, δ, il est possible de déterminer la position d'un anneau de garde qui fixe la position de la bouche de l'opérateur qui parle par rapport au combiné. Le plan de cet anneau est perpendiculaire au plan de symétrie du combiné et son centre est situé dans ce plan.

Sa position est définie par la construction géométrique suivante effectuée dans le plan de symétrie du combiné. On prend comme origine le point milieu du pavillon du récepteur. A partir de cette origine, on mène une droite faisant un angle α avec le tracé du plan du pavillon du récepteur sur le plan de symétrie du combiné, et sur cette droite on porte une longueur δ. Le point ainsi déterminé est le centre de l'anneau de garde qui doit coïncider avec le point milieu des lèvres.

La trace du plan de cet anneau sur le plan de symétrie est une droite perpendiculaire à la direction de conversation définie précédemment, c'est-à-dire que la perpendiculaire à cette droite fait un angle β avec la trace du plan du récepteur.

La position de l'anneau de garde est donc ainsi bien déterminée et fixée par rapport au combiné.

Il reste ensuite à déterminer la position de l'anneau de garde dans l'espace au cours des essais de netteté. On fait l'hypothèse que l'opérateur parle de telle manière que le plan de symétrie de sa figure soit vertical. Le centre de l'anneau est dans ce plan et le plan de l'anneau lui est perpendiculaire.

D'autre part, il a été décidé (par convention) que le plan de l'anneau de garde serait vertical.

L'Administration ou Exploitation privée intéressée est priée de fournir pour chaque type de combiné, une jauge telle que, quand on la fixe sur le pavillon du récepteur le plan de symétrie de la jauge coïncidant avec celui du combiné, des repères tracés sur cette jauge déterminent la position convenable de l'anneau de garde par rapport au combiné, telle qu'elle a été définie ci-dessus. D'autre part, cette jauge doit être munie d'un niveau à bulle d'air placé de telle sorte que le plan de l'anneau de garde soit vertical lorsque la bulle d'air occupe la position centrale marquée par un repère. A titre d'exemple, la figure 24 ci-contre représente une jauge utilisée au Laboratoire du C.C.I.F. avec un type particulier de combiné.

Remarque. — La position de l'anneau de garde par rapport au combiné est déterminée sans équivoque pour les mesures d'A.E.N. par les conditions définies ci-dessus. Provisoirement, pour chaque type de combiné, il convient de définir une jauge qui détermine la position de l'ensemble (combiné plus anneau de garde) satisfaisant simultanément aux deux conditions suivantes :

1. Le plan de l'anneau de garde est vertical ;
2. La position, par rapport à la verticale, du plan du diaphragme de la capsule microphonique est aussi voisine que possible de la position qu'a ce plan dans une conversation normale.

II.4. — *Traitement préalable du microphone avant chaque essai élémentaire*

Avant chaque essai élémentaire, et une fois que le combiné est fixé sur son support de la manière appropriée, on le raccorde au circuit d'alimentation en énergie électrique, puis on le fait tourner doucement, une fois en avant et une fois en arrière, de trois quarts de cercle environ et ensuite on le fixe dans sa position en évitant tout choc.

II.5. — *Utilisation des combinés au cours des expériences*

Les cinq combinés de chaque type de système sont numérotés 1, 2, 3, 4 et 5, cette numérotation étant faite au hasard.

Au cours des essais, les opérateurs utilisent les combinés en respectant, quel que soit le type de système téléphonique, le tableau A ci-après :

TABLEAU A

N° du combiné à l'émission	Position d'écoute			
	1	2	3	4
	Numéro des combinés à la réception			
1	5	4	3	2
2	1	5	4	3
3	2	1	5	4
4	3	2	1	5
5	4	3	2	1

* Les tableaux applicables à toutes les « expériences » sont désignés par des lettres et les tableaux qui doivent subir un brassage quand on passe d'une « expérience » (sur un type de système téléphonique) à une autre sont désignés par des chiffres.

Comme il est indiqué, les combinés sont numérotés de 1 à 5, mais il est bien entendu que dans le cas du système 1 (voir l'Introduction), ces numéros de combiné ne s'appliquent pas et doivent être laissés de côté. Dans le cas du système 2, ces nombres servent à désigner le combiné employé par l'opérateur qui parle. Dans le cas du système 3, ces nombres désignent le jeu de combinés employé par les quatre opérateurs qui écoutent simultanément avec la convention suivante : 1 représente l'emploi du combiné 5 à la position 1, du combiné 4 à la position 2, etc., ceci apparaît clairement dans le tableau A ci-dessus.

Avant les essais, on affecte à chaque combiné une capsule microphonique et une capsule réceptrice déterminée. Aucune permutation de ces capsules n'a lieu au cours des essais.

II.6. — *Logatomes et phrase de liaison utilisés*

On utilise des logatomes constitués de la façon suivante :

a) Les sons sont extraits du tableau figurant dans la note ci-après.

b) Chaque logatome est composé d'une consonne (ou consonance) initiale, d'une voyelle et d'une consonne (ou consonance) finale. (Une consonance est formée d'un groupe de consonnes sous réserve que l'ensemble des logatomes reste susceptible d'être prononcé en une seule émission de voix.)

c) Chaque son entrant dans la constitution d'un logatome est tiré au sort parmi l'ensemble de tous les sons disponibles pour être utilisé à la place fixée pour ce son dans le logatome (autrement dit, parmi tous les sons de la colonne correspondante du tableau de la note 1 ci-après).

d) On ne juge pas nécessaire que l'ensemble des listes de logatomes soit équilibré par paires de listes d'égale difficulté (Balanced for difficulty).

On emploie la phrase de liaison (carrier sentence) suivante (écrite en espéranto) :

KAN KON BAJ . . . . . OLSO

le logatome étant inséré à la place des points. Cette phrase a été choisie pour les raisons suivantes.

Tous les sons de voyelle de cette phrase sont des sons prolongés, provoquant une déviation importante de l'aiguille du volumètre. Le dernier son précédant le logatome est phonétiquement une voyelle, et le premier son suivant le logatome est une voyelle.

Cette phrase est dépourvue de signification, de sorte qu'il est naturel d'appuyer également sur toutes les syllabes.

Cette phrase de liaison sert à conserver au cours de l'essai une puissance vocale constante ; à cet effet l'opérateur qui parle doit vérifier que chacune des trois syllabes KAN, KON, BAJ produit sur l'instrument indicateur du volumètre de l'A.R.A.E.N. une déviation de l'aiguille jusqu'au point zéro, étant entendu que ce point correspond à la « puissance vocale de référence pour l'A.R.A.E.N. ». L'opérateur, en faisant appel à sa sensation subjective, s'efforce de prononcer les logatomes avec la puissance vocale normale ainsi réglée.

L'énonciation de chaque logatome doit se borner aux sons qui constituent ce logatome, sans addition d'aucune autre voyelle parasitaire.

Remarque 1. — L'emploi d'une phrase de liaison implique l'utilisation d'un volumètre pendant tout le temps où l'on parle.

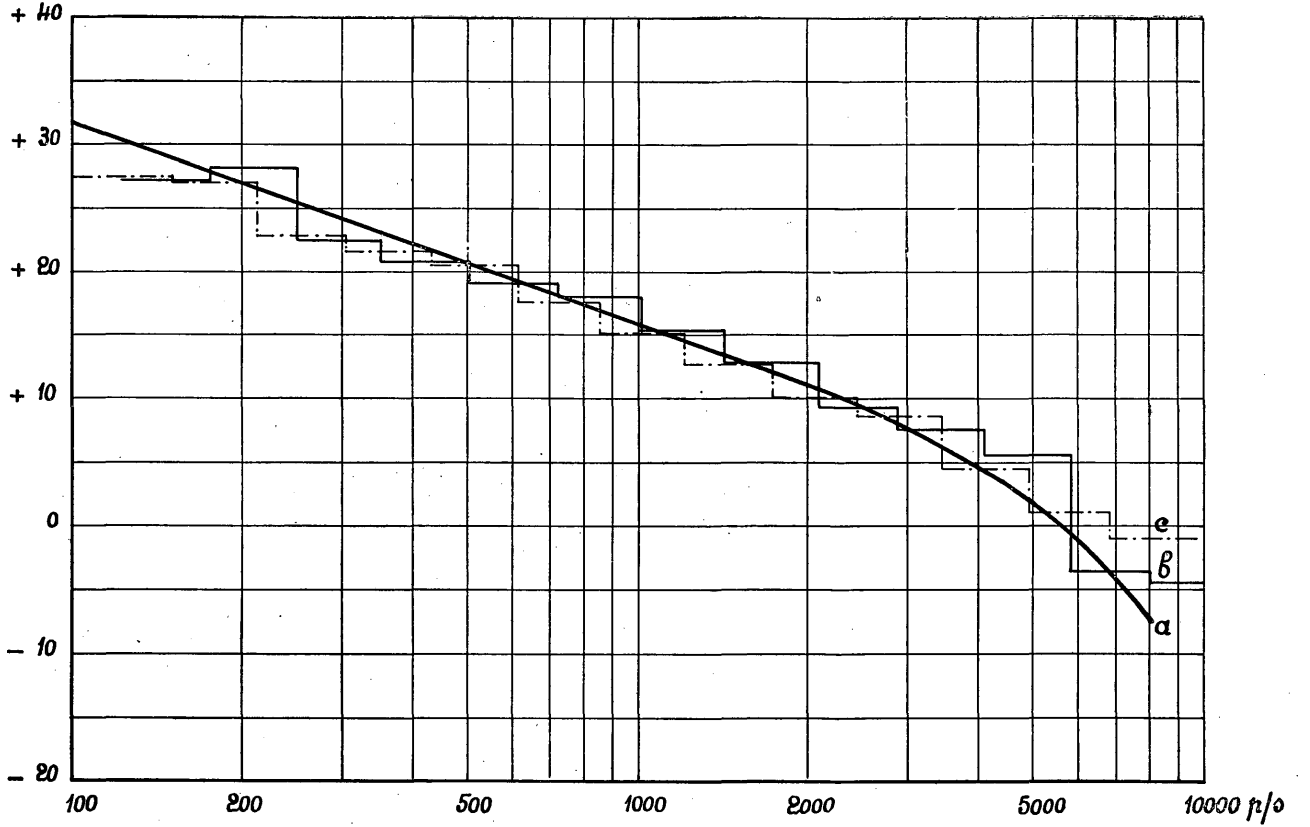
Remarque 2. — On conserve environ 4000 logatomes, chacun écrit sur une carte séparée, et l'on constitue des listes de logatomes à partir de cette collection, en retirant les cartes au hasard.

Remarque 3. — Les opérateurs qui écoutent inscrivent en majuscules d'imprimerie les logatomes reçus (ils ont assez de temps pour le faire, quand on emploie une phrase de liaison).

Tableau des consonnes (ou consonances) et des voyelles à utiliser pour la constitution des logatomes en écriture espéranto, servant aux mesures internationales de netteté effectuées avec l'A.R.A.E.N.

Consonnes ou Consonances initiales			Voyelles intermédiaires	Consonnes ou consonances finales			
B		SP	A	B	LN	P	Ŝ
BL	K	ST	E	C	LP	PT	T
BR	KL	SV	I	Ĉ	LT	R	V
C	KR	Ŝ	O	D	LV	RB	Z
Ĉ	L	ŜL	U	F	M	RD	
D	M	ŜM		FT	MB	RG	
DR	N	ŜN		G	MD	RK	
F	P	ŜP			MP	RM	
FL	PL	ŜT		K		RN	
FR	PR	ŜV		KS	MS	RS	
G	R	T		KT	N	RT	
GL	S	TR		L	ND	S	
GN	SK	V		LB	NK	SK	
GR	SL	Z		LD		SM	
Ĝ	SM			LK	NS	SP	
H	SN			LM	NT	ST	

Nota. — Les consonnes, consonances et voyelles ci-dessus sont écrites en esperanto.



α ——— Courbe spectrale énergétique moyenne des bruits observés dans les locaux où se trouvent des postes téléphoniques (publiée par Hoth).

β ———
c ·—·—·—· } Graphiques typiques relevés au Laboratoire du C.C.I.F. avec 2 jeux de filtres.

FIGURE 25. — *Courbe spectrale énergétique du bruit de salle produit dans la cabine d'écoute du Laboratoire du C.C.I.F.*

Remarque 4. — Chaque opérateur corrige les logatomes inscrits par un autre opérateur.

Note. — Les sons à utiliser pour la constitution des logatomes sont indiqués dans le tableau de la page précédente.

II.7. — *Bruits introduits à la réception*

Dans les mesures pour la détermination de l'A.E.N. à *l'émission* d'un système téléphonique commercial, on injecte à l'entrée du système récepteur de l'A.R.A.E.N. un « bruit de fond électrique » ayant une force électromotrice psophométrique de 2 millivolts mesurée avec le psophomètre pour circuits téléphoniques commerciaux spécifiés par le C.C.I.F. La figure 16, page 55 donne le schéma de principe du montage pour l'introduction du « bruit de fond électrique » à l'entrée du système récepteur de l'A.R.A.E.N. et la figure 23, page 67 donne la courbe spectrale énergétique de ce circuit.

Dans les mesures où l'on utilise un *système récepteur commercial* (cas du système 3, voir dans Introduction ci-dessus), on utilise un bruit de salle à la réception seulement. Ce bruit de salle doit avoir une courbe spectrale énergétique conforme à celle publiée par Hoth et reproduite dans la courbe *a* de la figure 25, on a aussi indiqué sur cette figure la composition spectrale d'un bruit de salle typique mesuré dans la cabine d'écoute du Laboratoire du C.C.I.F. ; les graphiques *b* et *c* représentent respectivement les résultats des mesures de ce bruit, effectués avec deux jeux de filtres à demi-octaves.

L'intensité acoustique est de 60 db au-dessus d'un point de référence défini par 2×10^{-4} barye à 1000 Hz dans une onde progressive libre ; cette intensité acoustique est mesurée avec le sonomètre américain muni de son réseau filtrant A (norme Z.24.3.1944 de l'American Standard Association, traduite dans l'Annexe 17 du *Livre d'annexes* au tome IV du *Livre Vert*).

Remarque. — Avant la XVII^me^ Assemblée plénière du C.C.I.F., le Laboratoire du C.C.I.F. déterminait les A.E.N. avec dans tous les cas (émission et réception) un bruit de salle à la réception ; la méthode actuelle introduit, par rapport aux valeurs mesurées antérieurement, une différence de −2 décibels sur l'indice de qualité de transmission d'un système téléphonique commercial à la réception.

II.9. — *Ligne*

La ligne utilisée au cours des essais comprend le filtre passe-bande 300-3400 Hz et une ligne d'affaiblissement variable sans distorsion (ligne de l'A.R.A.E.N.), elle est toujours la même quel que soit le système téléphonique en essai, S.R.A.E.N. ou système commercial.

III. — MESURES D'ÉQUIVALENT DE RÉFÉRENCE

Les mesures des équivalents de référence sont effectuées, pour chacun des cinq systèmes émetteurs et des cinq systèmes récepteurs du type de système commercial considéré, immédiatement avant l'exécution des essais de netteté. Ces mesures sont effectuées en utilisant le S.F.E.R.T. selon la méthode habituelle du Laboratoire du C.C.I.F. Pour les systèmes émetteurs, ces mesures sont effectuées avec l'anneau de garde spécifié pour les mesures d'équivalents de référence.

Remarque. — On admet qu'en général l'expérience considérée comprend une seule séquence d'essais de netteté, et par suite dure environ une semaine (voir la section 3.2.1 ci-après) ; dans ce cas, une seule série de mesures d'équivalent de référence doit suffire. Si, par contre, il paraissait nécessaire d'effectuer une seconde séquence d'essais sur un type de système téléphonique commercial, comme cette séquence pourra avoir lieu plusieurs semaines ou même plusieurs mois après la première, on doit refaire une série de mesures d'équivalents de référence avant l'exécution de cette séquence supplémentaire, afin de vérifier la stabilité des cinq systèmes téléphoniques du type considéré, sur lesquels l'expérience est effectuée.

IV. — Essais de netteté

On décrit ci-après les mesures effectuées pour un type de système téléphonique commercial.

L'ordre d'exécution des essais, la méthode d'exécution des essais ainsi que l'analyse et la présentation des résultats restent les mêmes pour tout autre type de système, mais les valeurs de l'affaiblissement de la ligne, ainsi que la distribution au hasard des conditions d'essais sont différentes dans chaque expérience effectuée sur un type particulier de système téléphonique commercial.

Les essais de netteté pour les sons, en fonction de l'affaiblissement de la ligne, sont effectués en prenant cinq valeurs pour la ligne d'affaiblissement du système mesuré. Ces valeurs sont désignées respectivement par x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 db. La valeur médiane de l'affaiblissement de la ligne pour chaque système, soit x_3, correspond sensiblement (à 5 db près) à la valeur finale de $x_{0,8}$ (valeur de l'affaiblissement correspondant à une netteté pour les sons de 80 %). Le symbole x_1 correspond à la plus petite valeur de l'affaiblissement et x_5 correspond à la valeur la plus élevée de l'affaiblissement. Les intervalles entre deux valeurs consécutives de l'affaiblissement de la ligne sont constants, cette valeur commune étant fixée à 5 db *. Dans le tableau n° 3 ci-après, les valeurs de l'affaiblissement de la ligne sont indiqués par les symboles *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, ces symboles étant répartis au hasard indépendamment pour chacun des systèmes 1, 2 et 3 essayé au cours d'une « expérience » (voir l'introduction). Le tableau n° 1 ci-dessous donne un exemple de la correspondance entre ces symboles et les valeurs numériques de l'affaiblissement de la ligne x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 db pour une « expérience » avec un type de système.

Tableau 1 *

Systèmes téléphoniques	a	b	c	d	e
1	x_2	x_5	x_4	x_1	x_3
2	x_3	x_5	x_1	x_2	x_4
3	x_1	x_3	x_5	x_2	x_4

* Voir la note au bas du tableau A, page 73.

* L'expérience montre que pour certains types de systèmes téléphoniques commerciaux modernes cette valeur de 5 db est trop élevée ; dans ce cas, le Laboratoire du C.C.I.F. effectue les mesures avec des intervalles plus faibles entre deux valeurs consécutives de l'affaiblissement de la ligne (par exemple 4 décibels).

Afin d'éviter des tâtonnements dans la détermination de la valeur médiane x_3 de l'affaiblissement de la ligne du système essayé, on mesure la netteté pour les sons avec deux valeurs de l'affaiblissement, l'une correspondant à une netteté pour les sons supérieurs à 80% (désignée par x' dans le tableau n° 2), l'autre correspondant à une netteté pour les sons inférieurs à 80% (désignée par x''). Ces essais sont appelés « essais préliminaires ».

IV.1. — *Essais préliminaires*

Les essais préliminaires sont effectués conformément aux indications du tableau n° 2 ci-dessous.

Chaque opérateur énonce 25 logatomes (75 sons) pour chacune des valeurs de la ligne et pour chaque système essayé.

La détermination de la valeur médiane x_3 de l'affaiblissement de la ligne de chaque système essayé se fait de la façon suivante : sur un papier gradué à deux échelles linéaires, on porte sur l'échelle des abscisses les valeurs x' et x'' de l'affaiblissement de la ligne ; sur l'échelle des ordonnées, on porte les valeurs moyennes de netteté pour les sons après transformation logistique obtenues (comme il est indiqué dans l'Appendice I ci-après) pour les valeurs x' et x'' de l'affaiblissement ; on trace la droite joignant ces deux points et on détermine ainsi la valeur x_3 de l'affaiblissement de la ligne qui sera utilisé pour les essais finals et correspondant à une netteté pour les sons aussi voisins que possible de 80%.

TABLEAU 2

Programme des essais préliminaires de netteté pour une « expérience » sur un type de système téléphonique commercial

Opérateur qui parle	Opérateurs qui écoutent avec la position d'écoute dans la cabine				Symboles indiquant la valeur de l'affaiblissement de la ligne	Numéros des systèmes téléphoniques			Correspondance entre les symboles *a*, *b* et les valeurs de l'affaiblissement de la ligne		
	1	2	3	4					Systèmes téléphoniques	*a*	*b*
A_1	B_5	C_4	D_3	E_2	*a*	3	2	1			
B_2	C_1	D_5	E_4	A_3	*b*	1	3	2			
C_3	D_2	E_1	A_5	B_4	*a*	2	1	3	1	x'	x''
D_4	E_3	A_2	B_1	C_5	*b*	1	2	3	2	x''	x'
E_5	A_4	B_3	C_2	D_1	*a*	1	2	3	3	x'	x''
A_1	B_5	C_4	D_3	E_2	*b*	3	1	2			
B_2	C_1	D_5	E_4	A_3	*a*	3	2	1			
C_3	D_2	E_1	A_5	B_4	*b*	3	1	2			
D_4	E_3	A_2	B_1	C_5	*a*	2	3	1			
E_5	A_4	B_3	C_2	D_1	*b*	1	3	2			

L'indice de la lettre A ou B... ou E indique le numéro du combiné qui est utilisé par l'opérateur A ou B... ou E. L'ordre d'exécution des essais s'obtient en parcourant successivement, de haut en bas, chacune des trois colonnes marquées « numéros des systèmes téléphoniques ».

IV.2. — *Essais finals de netteté*

Le plan d'exécution des essais finals de netteté pour les sons est établi en utilisant la méthode dite « Méthode du carré gréco-latin ». On a choisi au hasard un carré parmi l'ensemble des carrés gréco-latins possibles, suivant la méthode décrite dans l'Annexe II ci-après : un type de carré gréco-latin est indiqué ci-après. (Pour des raisons de commodité, on a remplacé les lettres grecques par des chiffres.)

	Colonnes				
Lignes	*a*1	*b*2	*e*5	*c*3	*d*4
	*d*2	*e*3	*c*1	*a*4	*b*5
	*e*4	*a*5	*d*3	*b*1	*c*2
	*c*5	*d*1	*b*4	*e*2	*a*3
	*b*3	*c*4	*a*2	*d*5	*e*1

Les colonnes de ce carré représentent les différents « opérateurs qui parlent », les lignes représentent les « groupes d'essais ». Les essais sont effectués par « groupes d'essais » et l'on effectue complètement les essais du « groupe 1 » avant de commencer les essais du « groupe 2 », ensuite l'on effectue complètement les essais du « groupe 2 » avant de commencer les essais du « groupe 3 » et ainsi de suite...

Les lettres *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, représentent les valeurs de l'affaiblissement de la ligne, les nombres 1, 2, 3, 4, 5 représentent les numéros affectés aux combinés employés à l'émission ou au jeu des 4 combinés employés à la réception. Le plan du programme d'une expérience sur un type de système téléphonique commercial peut se mettre sous la forme du tableau n° 3 ci-après :

TABLEAU 3

Opérateur qui parle		« A »	« B »	« C »	« D »	« E »
Opérateurs qui écoutent		BCDE	CDEA	DEAB	EABC	ABCD
Groupes d'essais	1	*a*1	*b*2	*e*5	*c*3	*d*4
	2	*d*2	*e*3	*c*1	*a*4	*b*5
	3	*e*4	*a*5	*d*3	*b*1	*c*2
	4	*c*5	*d*1	*b*4	*e*2	*a*3
	5	*b*3	*c*4	*a*2	*d*5	*e*1

Dans les 25 cases du carré gréco-latin de ce tableau, il est nécessaire :

— de répartir les trois systèmes au hasard indépendamment dans chacune des cases. (On inscrit ensuite les numéros de ces systèmes de haut en bas dans chaque case.)

— que dans chaque case et pour chacun des systèmes, on introduise la valeur numérique de l'affaiblissement de la ligne (x_1 ou x_2 ... ou x_5) en tenant compte, d'une part, de la lettre symbole (*a* ou *b*... ou *e*) représentant la valeur de l'affaiblissement affectée à cette case et, d'autre part, de la correspondance entre ces symboles et les valeurs numériques x_1 ou x_2 ... ou x_5. Cette correspondance est donnée seulement pour l'« expérience » considérée à titre d'exemple, dans le tableau n° 1 contenu dans le § IV.

Le plan complet de ces essais de netteté ainsi établi est donné par le tableau n° 4.

L'ordre d'exécution des essais est obtenu en prenant d'abord le premier « groupe d'essais » et en lisant chaque ligne successivement. Quand tous les essais du « groupe n° 1 » sont terminés, on traite de la même façon les essais du « groupe n° 2 » et ainsi de suite.

On rappelle que le nombre inscrit dans chaque case et à côté de la lettre symbole donnant la valeur de l'affaiblissement de la ligne indique, selon le système essayé, soit le numéro du combiné employé à l'émission, soit le jeu de 4 combinés employés à la réception.

Le tableau A (voir § II.5) indique comment doivent être employés ces combinés.

Note. — Ce tableau A est applicable quelle que soit l'expérience, c'est-à-dire quel que soit le type de système commercial en essai.

TABLEAU 4

Opérateur qui parle	« A »	« B »	« C »	« D »	« E »
Opérateurs qui écoutent	BCDE	CDEA	DEAB	EABC	ABCD
Groupe d'essais 1	*a*1 $3/x_1$ $2/x_3$ $1/x_2$	*b*2 $2/x_5$ $3/x_3$ $1/x_5$	*e*5 $3/x_4$ $1/x_3$ $2/x_4$	*c*3 $1/x_4$ $2/x_1$ $3/x_5$	*d*4 $3/x_2$ $1/x_1$ $2/x_2$
Groupe d'essais 2	*d*2 $3/x_2$ $1/x_1$ $2/x_2$	*e*3 $1/x_3$ $3/x_4$ $2/x_4$	*c*1 $1/x_4$ $2/x_1$ $3/x_5$	*a*4 $1/x_2$ $3/x_1$ $2/x_3$	*b*5 $2/x_5$ $3/x_3$ $1/x_5$
Groupe d'essais 3	*e*4 $2/x_4$ $3/x_4$ $1/x_3$	*a*5 $3/x_1$ $2/x_3$ $1/x_2$	*d*3 $3/x_2$ $1/x_1$ $2/x_2$	*b*1 $2/x_5$ $1/x_5$ $3/x_3$	*c*2 $3/x_5$ $2/x_1$ $1/x_4$
Groupe d'essais 4	*c*5 $3/x_5$ $2/x_1$ $1/x_4$	*d*1 $1/x_1$ $3/x_2$ $2/x_2$	*b*4 $3/x_3$ $2/x_5$ $1/x_5$	*e*2 $2/x_4$ $3/x_4$ $1/x_3$	*a*3 $2/x_3$ $1/x_2$ $3/x_1$
Groupe d'essais 5	*b*3 $3/x_3$ $1/x_5$ $2/x_5$	*c*4 $1/x_4$ $2/x_1$ $3/x_5$	*a*2 $1/x_2$ $2/x_3$ $3/x_1$	*d*5 $1/x_1$ $3/x_2$ $2/x_2$	*e*1 $2/x_4$ $1/x_3$ $3/x_4$

Tenant compte des indications du tableau n° 4, le tableau n° 5 ci-après est établi afin d'illustrer, pour le premier « groupe d'essais » seulement, l'ordre d'exécution des essais ainsi que les conditions fixées dans chaque essai élémentaire.

Il est à noter que dans le tableau n° 5, les récepteurs du système de référence ne sont pas indiqués, car il est entendu que, lorsqu'on effectue des essais sur un système téléphonique comprenant la partie réception du système de référence (dans l'exemple étudié, le système n° 1 et le système n° 2), on ne permute pas les 4 récepteurs de ce système.

TABLEAU 5

« Groupe d'essais » n° 1 — Opérateur qui parle		Combiné employé à l'émission	Système et valeur d'affaiblissement de la ligne	Position 1 — Opérateurs qui écoutent et combinés employés à la réception	Position 2	Position 3	Position 4
Cycle de permutation des « opérateurs qui parlent »	A	–	$3/x_1$	B 5	C 4	D 3	E 2
	B	2	$2/x_5$	C –	D –	E –	A –
	C	–	$3/x_4$	D 4	E 3	A 2	B 1
	D	–	$1/x_4$	E –	A –	B –	C –
	E	–	$3/x_2$	A 3	B 2	C 1	D 5
A		1	$2/x_3$	B –	C –	D –	E –
B		–	$3/x_3$	C 1	D 5	E 4	A 3
C		–	$1/x_3$	D –	E –	A –	B –
D		3	$2/x_1$	E –	A –	B –	C –
E		–	$1/x_1$	A –	B –	C –	D –
A		–	$1/x_2$	B –	C –	D –	E –
B		–	$1/x_5$	C –	D –	E –	A –
C		5	$2/x_4$	D –	E –	A –	B –
D		–	$3/x_5$	E 2	A 1	B 5	C 4
E		4	$2/x_2$	A –	B –	C –	D –

Suivant les directives mentionnées dans ce tableau, les essais de netteté sont alors effectués de la façon suivante : un opérateur énonce 25 logatomes avec la puissance vocale spécifiée, ceux-ci étant insérés dans la phrase de liaison, les quatre autres opérateurs de l'équipe placés dans la cabine l'écoutent dans les récepteurs du système téléphonique pris à l'essai. Un tel essai est désigné par « essai élémentaire de netteté » (talk).

(Voir dans le tableau B ci-après les opérations qu'effectue un opérateur au cours d'un essai élémentaire de netteté).

A la fin de l'essai élémentaire, l'opérateur qui vient de parler est remplacé par un autre opérateur et ainsi de suite jusqu'à une permutation complète des cinq opérateurs à la position d'émission. Cet ensemble de cinq essais élémentaires ainsi effectués constitue un « cycle de permutation des opérateurs qui parlent » (rotation). A la fin de chaque cycle de permutation, les opérateurs procèdent à la correction des listes de logatomes, chaque liste de logatomes reçus étant corrigée par un autre opérateur que celui qui les a enregistrés.

TABLEAU B

Mesure de la netteté (essais finals)

Ordre des opérations effectuées par un opérateur au cours d'un essai élémentaire de netteté			
Dans la salle d'émission		Dans la cabine d'écoute	
1	Etablir les conditions de mesure, soit : *a)* Système commercial (type du système téléphonique pris à l'essai, réglage de la tension de la batterie d'alimentation, réglage de la position du microtéléphone combiné sur son support, réglage de la distance entre l'anneau de garde du microphone commercial et le disque du microphone de l'A.R.A.E.N.), ou : *b)* « Système de référence » (vérification de la distance de conversation).	1	Mise en place par chaque opérateur du combiné affecté pendant cet essai.
2	Traitement préalable du microphone.	2	Enregistrer les logatomes en écoutant dans le système à essayer.
3	Produire le bruit de salle prescrit.		
4	Enoncer une liste de 25 logatomes en les insérant dans la phrase de liaison et en conservant la « puissance vocale » spécifiée.		

IV.3. — *Nombre d'essais élémentaires de netteté par expérience*

On admet dans le programme que chaque expérience effectuée sur un type de système téléphonique commercial comprend une seule séquence d'essais. Une analyse statistique des résultats de ces essais (par la méthode décrite dans l'Appendice 1 ci-après) indique s'il y a lieu d'effectuer une ou plusieurs séquences complémentaires pour déterminer des valeurs d'A.E.N. (à l'émission et à la réception) pour ce type de système avec la précision désirée.

Le tableau n° 5 qui donne l'ensemble des essais élémentaires effectués pour un « groupe d'essais » contient trois « cycles de permutation ». L'ensemble des cinq groupes d'essais indiqués dans le tableau n° 4 constitue une « séquence d'essais » (replication). Une séquence d'essais comprend donc cinq groupes d'essais ou quinze « cycles de permutation des opérateurs qui parlent », soit 75 essais élémentaires.

IV.4. — *Nombre de sons reçus par expérience pour une valeur de l'affaiblissement de la ligne et pour un type de système téléphonique*

Dans un essai élémentaire chaque opérateur énonce 25 logatomes, les quatre opérateurs placés dans la cabine d'écoute reçoivent au total $25 \times 4 = 100$ logatomes (300 sons), par essai élémentaire, soit au total $300 \times 75/3 = 7500$ sons reçus par type de système téléphonique et par séquence ; le nombre de sons reçus par valeur d'affaiblissement est donc de

$$7500 : 5 = 1500 \text{ sons.}$$

Dans le cas d'une expérience ne comprenant qu'une seule séquence, il y a 7500 sons reçus par type de système téléphonique. Si l'analyse statistique des résultats d'une telle expérience montre que ce nombre de sons reçus est insuffisant, on examine s'il y a lieu de refaire une séquence.

V. — Inscription et classification des résultats

Au cours des essais de netteté effectués pendant une expérience, les quatre formules ci-jointes sont employées pour l'inscription et la classification des résultats.

Formule A

Feuille d'inscription des logatomes reçus (articulation score sheet). — Cette formule sert à chaque opérateur qui écoute pour inscrire les logatomes qu'il a entendus. Les sons constituant chaque logatome sont inscrits en majuscules d'imprimerie dans la première colonne par l'opérateur qui les perçoit. Eventuellement, un autre opérateur de l'équipe, chargé de la correction, place dans la deuxième colonne à l'emplacement de chaque son incorrectement reçu, le son qu'on aurait dû percevoir. Des exemples sont donnés dans la formule A reproduite ci-après ; le premier logatome est entièrement correct ; dans le second la consonne initiale a été perçue comme M alors qu'elle était N ; dans le troisième logatome, la voyelle a été perçue comme O alors qu'elle était A et la consonne finale a été perçue comme FT alors qu'elle était S.

Formule B

Feuille de résultats d'essais de netteté (articulation test sheet). — On remplit complètement (à l'exception des six dernières colonnes) un jeu de ces formules avant l'exécution de chaque séquence. On complète les colonnes appropriées d'après le programme des essais élémentaires de netteté (tableau n° 5 ci-dessus) de façon à disposer d'indications détaillées complètes pour chaque essai élémentaire. On doit vérifier, avant chaque essai élémentaire, les détails particuliers d'exécution de cet essai, pour s'assurer qu'ils sont tous en accord avec les indications portées sur cette feuille.

Formule C

Feuille récapitulative des résultats de netteté. — Une de ces formules C est préparée pour chaque système téléphonique essayé (trois formules C par type de système) et chacune contiendra tous les résultats provenant de la dernière colonne de la « feuille de résultats d'essais de netteté » (formule B) ; ces résultats sont classés d'après le carré gréco-latin utilisé pour cette expérience.

Au fur et à mesure de l'avancement d'une expérience, les résultats d'essais sont portés sur ces feuilles récapitulatives de façon que l'on puisse se rendre compte de l'état d'avancement d'une expérience.

Formule D

Feuille récapitulative de résultats d'essais de netteté pour un type de système téléphonique commercial. — Dans cette feuille (une feuille établie par type de système téléphonique) sont inscrites les sommes étendues à l'ensemble des trois systèmes,

des totaux par ligne (groupes d'essais), par colonne (opérateur qui parle) et par valeur d'affaiblissement.

Quand l'exécution d'une séquence est terminée, les trois formules C correspondant aux systèmes nos 1, 2 et 3 sont remplies ainsi que la feuille D correspondant à l'ensemble des trois systèmes, et l'on peut alors procéder à l'analyse statistique des résultats des essais.

Formule A

Feuille d'inscription des logatomes reçus

..... db

Type de système téléphonique .....
Système no .....
Opérateur qui parle .....
Opérateur qui écoute .....
Groupe d'essai et cycle de permutation des opérateurs qui parlent .....

Séquence no .....
Essai élémentaire no .....
Courant microphonique .....
Date .....
Liste no .....

74	1	G U V	— — —	26	49
73	2	M A G	N — —	27	48
72	3	V O F T	— A S	28	47
71	4			29	46
70	5			30	45
69	6			31	44
68	7			32	43
67	8			33	42
66	9			34	41
65	10			35	40
64	11			36	39
63	12			37	38
62	13			38	37
61	14			39	36
60	15			40	35
59	16				
58	17				
57	18				
56	19				
55	20				
54	21				
53	22				
52	23				
51	24				
50	25				

FORMULE B

Feuille des résultats des essais de netteté

Type de système téléphonique ..... Séquence nº .....

Date .....

Noms des opérateurs				
A	B	C	D	E

Groupe d'essais et nº du cycle de permutation des opérateurs qui parlent	Numéro de l'essai élémentaire de netteté	Opérateur qui parle	Combiné à l'émission	Positions d'écoute				Système téléphonique	Affaiblissement de la ligne	Nombre des sons correctement reçus				Total des sons correctement reçus par essai élémentaire	Total après transformation
				Nº 1	Nº 2	Nº 3	Nº 4			Positions					
				Opérateur qui écoute / Combiné	Opérateur qui écoute / Combiné	Opérateur qui écoute / Combiné	Opérateur qui écoute / Combiné			1	2	3	4		
1/1	1	A	–	B 5	C 4	D 3	E 2	3	x_1						
	2	B	2	C –	D –	E –	A –	2	x_5						
	3	C	–	D 4	E 3	A 2	B 1	3	x_4						
	4	D	–	E –	A –	B –	C –	1	x_4						
	5	E	–	A 3	B 2	C 1	D 5	3	x_2						
1/2	6	A	1	B –	C –	D –	E –	2	x_3						
	7	B	–	C 1	D 5	E 4	A 3	3	x_3						
	8	C	–	D –	E –	A –	B –	1	x_3						
	9	D	3	E –	A –	B –	C –	2	x_1						
	10	E	–	A –	B –	C –	D –	1	x_1						
1/3	11	A	–	B –	C –	D –	E –	1	x_2						
	12	B	–	C –	D –	E –	A –	1	x_5						
	13	C	5	D –	E –	A –	B –	2	x_4						
	14	D	–	E 2	A 1	B 5	C 4	3	x_5						
	15	E	4	A –	B –	C –	D –	2	x_2						

FORMULE C

Récapitulation des résultats des essais de netteté
(résultats après transformation)

Type de système téléphonique ..... Séquence n° .....

Système téléphonique ..... Date .....

Groupes d'essais	Opérateurs qui parlent					Totaux par groupes d'essais (lignes)
	« A »	« B »	« C »	« D »	« E »	
1	*					
2						
3						
4						
5						
Totaux par « opérateur qui parle »	« A »	« B »	« C »	« D »	« E »	Total général .....
Totaux par valeur d'affaiblissement T (B)	x_1 db	x_2 db	x_3 db	x_4 db	x_5 db	Numérateur du coefficient de régression linéaire .....
Totaux par « combiné »	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	

* Inscrire dans chaque case : la valeur de l'affaiblissement de la ligne ;
le numéro du combiné affecté à l'essai.

Le numérateur du coefficient de régression linéaire est donné par la formule :

$$(-2)\ (T_{B_1}) + (-1)\ (T_{B_2}) + 0(T_{B_3}) + 1(T_{B_4}) + 2(T_{B_5})$$

FORMULE D

Sommation des résultats étendue à l'ensemble des systèmes 1, 2 et 3

Type de système téléphonique ..... Séquence n° .....

Date .....

Totaux par :						
	Groupes d'essais	1	2	3	4	5
	« Opérateur qui parle »	« A »	« B »	« C »	« D »	« E »
	Valeur d'affaiblissement	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5
				Total général		
				Numérateur du coefficient de régression linéaire		

VI. — ANALYSE STATISTIQUE DES RÉSULTATS

Les résultats des essais de netteté d'une « expérience » sont analysés par la « méthode des coefficients polynomiaux » décrite dans l'Appendice 1 ci-après.

VII. — PRÉSENTATION DES RÉSULTATS ET DE L'ANALYSE STATISTIQUE

Pour chaque type de système téléphonique, les résultats des essais de netteté ainsi que leur analyse statistique sont présentés sous la forme suivante :

Valeurs des A.E.N. à l'émission et à la réception d'un type de système téléphonique commercial et résultats de l'analyse statistique des essais

Système téléphonique commercial .....

A.E.N. à l'émission : 14,7 ± 1,2 db Pire que l'A.R.A.E.N.
A.E.N. à la réception : 14,2 ± 1,4 db Pire que l'A.R.A.E.N.
Valeur de $x_{0,8}$ pour le système 1 (A.R.A.E.N. complet) 60,6 db

Carré moyen de l'erreur expérimentale accidentelle			228
Importance statistique éventuelle de certains facteurs :			
(C)	« Opérateur qui parle »	non	
(E)	« Groupe d'essais »	non	
(AE)	Interaction entre les systèmes téléphoniques et les groupes d'essais	non	
(F_2)	Combiné utilisé à l'émission	non	
(F_3)	Jeu de combinés utilisés à la réception	non	
(AC)	Interaction entre les systèmes téléphoniques et les « opérateurs qui parlent »	non	
(AB')	Interaction entre les systèmes et la pente des droites de régression	oui	(4252,5)
(B-B')	Dispersion autour des droites de régression	non	
	Pentes des droites de régression b_1		−8,508
	b_2		−5,972
	b_3		−4,920

Note 1. — Les valeurs numériques citées dans cet exemple correspondent à l'« expérience » analysée dans l'Appendice 1.

Note 2. — Quand on constate qu'un facteur est important au point de vue statistique, la valeur de son carré moyen figure entre parenthèses dans le tableau ci-dessus.

VIII. — VÉRIFICATION ÉLECTRIQUE DE L'ÉTAT DE FONCTIONNEMENT DES SYSTÈMES TÉLÉPHONIQUES COMMERCIAUX ET DU SYSTÈME DE RÉFÉRENCE

Essais quotidiens

Une vérification du bon fonctionnement du système de référence ainsi que des systèmes téléphoniques commerciaux complets est effectuée avant chaque cycle de permutation.

Système de référence. — Pour ces mesures de vérification, les opérateurs se conforment à la section D de l'« Instruction pour les opérateurs du Laboratoire du C.C.I.F. ».

En résumé, ces vérifications consistent à :

a) vérifier l'étalonnage du volumètre indicateur de puissance vocale,

b) vérifier la partie émettrice du système de référence,

c) vérifier la partie réceptrice du système de référence,

d) vérifier et régler à la valeur de 60 db, sur le sonomètre de l'A.R.A.E.N.*, le bruit de salle dans la cabine d'écoute.

* De temps en temps, le Laboratoire du C.C.I.F. vérifie le niveau du bruit de salle avec le sonomètre américain.

Systèmes téléphoniques commerciaux. — Vérifier l'ensemble de la partie électrique de chaque système téléphonique complet à la fréquence de 1000 Hz, en se servant, pour ces mesures, de la section « mesures téléphoniques » (tele tests) du panneau général de mesure (general test panel) de l'équipement de mesures électriques, fourni avec l'A.R.A.E.N.

Ce dispositif permet de substituer au microphone du poste téléphonique émetteur un générateur de courant alternatif de force électromotrice déterminée, d'impédance égale à l'impédance moyenne de la capsule microphonique de ce poste et de mesurer la tension recueillie aux bornes de l'écouteur du système téléphonique récepteur placé dans la cabine d'écoute. Le schéma de principe de cette mesure est donné par la figure 26.

La mesure de la tension VS recueillie aux bornes du récepteur téléphonique n'a pas de signification absolue, elle sert de repère et permet ainsi de contrôler le bon fonctionnement du système téléphonique complet.

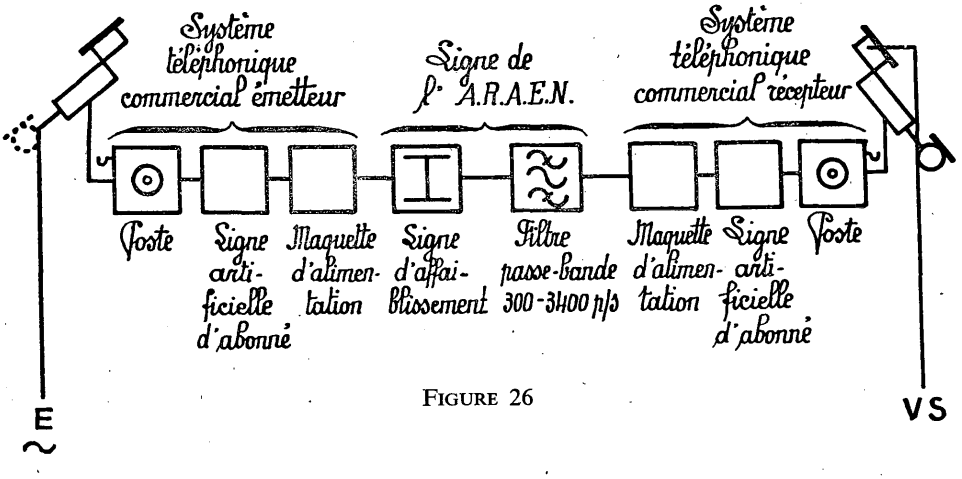


FIGURE 26

APPENDICE I

Méthode d'analyse statistique des résultats expérimentaux d'essais de netteté et de détermination des valeurs d'A.E.N. d'un système téléphonique commercial d'abonné

INTRODUCTION

Cette méthode d'analyse statistique est désignée par « Analyse par la méthode des coefficients polynomiaux ».

Le présent Appendice contient une description sommaire d'une analyse de résultats expérimentaux d'essais de netteté, conduite d'après cette méthode.

La marche à suivre au cours d'une telle analyse statistique des résultats d'essais de netteté comprend deux étapes :

1. Séparation et estimation des erreurs,
2. Détermination de la valeur de l'affaiblissement de la ligne correspondant à une netteté pour les sons de 80 % (pour en déduire la valeur d'A.E.N.).

I. — SÉPARATION ET ESTIMATION DES ERREURS

Un exemple d'analyse statistique de résultats d'essais de netteté basée sur cette méthode est indiqué ci-après afin d'illustrer les différentes phases que cette analyse comporte. Les données expérimentales correspondant à l'exemple de calcul figurant ci-après proviennent de l'essai n° A.15/51 effectué au Service de recherches de l'Administration britannique des téléphones.

Lorsque les essais de netteté sont terminés, on dispose les résultats d'essais conformément au « carré gréco-latin » qui a servi à établir le programme de l'« expérience ». Dans l'exemple traité, le système téléphonique désigné par « Système 1 » est le S.R.A.E.N., c'est-à-dire l'A.R.A.E.N. avec le filtre passe-bande 300/3400 Hz (c'est le « système R » utilisé par le Laboratoire du C.C.I.F.) le système 2 est constitué par un système émetteur commercial relié au système récepteur de l'A.R.A.E.N., le système 3 est constitué par le système émetteur de l'A.R.A.E.N. relié à un système récepteur commercial. Ces deux derniers systèmes contiennent le filtre passe-bande 300/3400 Hz, et les appareils téléphoniques commerciaux d'abonné sont identiques à des appareils qui ont été utilisés au cours des 8me et 9me séries d'expériences du Laboratoire du C.C.I.F.

Les tableaux nos 1, 2 et 3 donnent les résultats des essais élémentaires de netteté pour chaque système téléphonique.

TABLEAU 1

Système téléphonique no 1

Groupe d'essais (lignes)	« Opérateur qui parle »				
	« A »	« B »	« C »	« D »	« E »
1	65 db	60 db	50 db	70 db	55 db
	66	60	74	27	73
	59	37	71	4	70
	43	66	75	26	70
	65	66	74	32	69
	233	229	294	89	282
2	55 db	50 db	70 db	65 db	60 db
	71	70	20	52	53
	73	72	35	45	69
	52	72	37	52	67
	70	71	42	61	62
	266	285	134	210	251
3	50 db	65 db	55 db	60 db	70 db
	74	57	66	56	19
	72	58	64	54	45
	68	62	71	54	43
	71	62	58	63	47
	285	239	259	227	154
4	70 db	55 db	60 db	50 db	65 db
	24	67	55	72	48
	40	65	56	74	47
	18	70	63	70	53
	44	74	70	72	57
	126	276	244	288	205
5	60 db	70 db	65 db	55 db	50 db
	67	30	37	57	72
	66	5	49	65	73
	50	46	53	63	74
	63	36	53	64	73
	246	117	192	249	292

TABLEAU 2

Système téléphonique nº 2

Groupe d'essais (lignes)	« Opérateur qui parle »				
	« A »	« B »	« C »	« D »	« E »
1	45 db (1)	35 db (2)	55 db (5)	40 db (3)	50 db (4)
	68	70	19	68	48
	66	68	51	67	52
	45	68	56	68	55
	61	72	55	67	50
	240	278	181	270	205
2	50 db (2)	55 db (3)	40 db (1)	45 db (4)	35 db (5)
	52	39	60	57	70
	61	41	61	58	72
	40	52	68	63	69
	55	55	69	62	69
	208	187	258	240	280
3	55 db (4)	45 db (5)	50 db (3)	35 db (1)	40 db (2)
	52	59	43	71	67
	49	57	45	67	60
	33	68	54	68	69
	54	62	62	68	61
	188	246	204	274	257
4	40 db (5)	50 db (1)	35 db (4)	55 db (2)	45 db (3)
	73	60	70	32	69
	71	52	69	28	72
	67	60	73	43	72
	72	62	74	54	65
	283	234	286	157	278
5	35 db (3)	40 db (4)	45 db (2)	50 db (5)	55 db (1)
	73	66	56	44	32
	68	60	59	43	35
	63	68	67	49	39
	71	72	60	48	29
	275	266	242	184	135

TABLEAU 3

Système téléphonique nº 3

Groupe d'essais (lignes)	« Opérateur qui parle »				
	« A »	« B »	« C »	« D »	« E »
1	45 db (1)	50 db (2)	40 db (5)	55 db (3)	35 db (4)
	59	47	69	40	72
	63	53	60	61	71
	65	55	68	45	69
	58	56	62	28	69
	245	211	259	174	281
2	35 db (2)	40 db (3)	55 db (1)	45 db (4)	50 db (5)
	68	64	57	60	61
	69	64	39	64	58
	67	68	64	55	59
	67	72	41	60	52
	271	268	201	239	230
3	40 db (4)	45 db (5)	35 db (3)	50 db (1)	55 db (2)
	65	67	74	60	63
	69	65	68	67	48
	61	70	71	56	37
	55	66	66	60	32
	250	268	279	243	180
4	55 db (5)	35 db (1)	50 db (4)	40 db (2)	45 db (3)
	61	73	64	68	67
	39	69	55	73	53
	48	69	64	62	63
	44	73	40	60	57
	192	284	223	263	240
5	50 db (3)	55 db (4)	45 db (2)	35 db (5)	40 db (1)
	62	45	54	66	71
	54	36	61	72	69
	63	34	65	69	65
	51	61	52	66	62
	230	176	232	273	267

Les sommes calculées pour chaque essai élémentaire et pour l'ensemble des opérateurs qui écoutent et figurant dans les trois tableaux ci-dessus sont transformés en employant la table n° 2 ci-après *. Les résultats, après cette transformation, sont inscrits dans les (formules C) tableaux n°s 4, 5 et 6 en même temps que sont faits les totaux pour chaque « groupe d'essais » (ligne) pour chaque « opérateur qui parle » (colonne), pour chaque valeur de la ligne d'affaiblissement ainsi que (quand il y a lieu) pour chaque combiné.

TABLEAU 4

Système 1

Ligne Groupe d'essais	« Opérateur qui parle »					Total pour chaque ligne
	« A »	« B »	« C »	« D »	« E »	
1	65 db 562	60 db 559	50 db 695	70 db 457	55 db 638	2911
2	55 db 603	50 db 647	70 db 489	65 db 542	60 db 582	2863
3	50 db 647	65 db 568	55 db 592	60 db 557	70 db 503	2867
4	70 db 484	55 db 622	60 db 574	50 db 659	65 db 538	2877
5	60 db 576	70 db 478	65 db 529	55 db 579	50 db 679	2841
Total pour chaque colonne	2872	2874	2879	2794	2940	Total général 14 359
Total pour chaque valeur d'affaiblissement.	50 db 3327	55 db 3034	60 db 2848	65 db 2739	70 db 2411	Numérateur du coefficient de régression linéaire −2127

* Voir page 111.

TABLEAU 5

Système 2

Ligne Groupe d'essais	« Opérateur qui parle »					Total pour chaque ligne
	« A »	« B »	« C »	« D »	« E »	
1	45 db (1) 569	35 db (2) 627	55 db (5) 521	40 db (3) 610	50 db (4) 538	2865
2	50 db (2) 541	55 db (3) 525	40 db (1) 591	45 db (4) 569	35 db (5) 632	2858
3	55 db (4) 526	45 db (5) 576	50 db (3) 538	35 db (1) 618	40 db (2) 589	2847
4	40 db (5) 641	50 db (1) 563	35 db (4) 651	55 db (2) 505	45 db (3) 627	2987
5	35 db (3) 620	40 db (4) 603	45 db (2) 571	50 db (5) 523	55 db (1) 490	2807
Total pour chaque colonne	2897	2894	2872	2825	2876	Total général 14 364
Total pour chaque combiné	(1) 2831	(2) 2833	(3) 2920	(4) 2887	(5) 2893	Numérateur du coefficient de régression linéaire
Total pour chaque valeur d'affaiblissement	35 db 3148	40 db 3034	45 db 2912	50 db 2703	55 db 2567	—1493

TABLEAU 6

Système 3

Ligne Groupe d'essais	« Opérateur qui parle »					Total pour chaque ligne
	« A »	« B »	« C »	« D »	« E »	
1	45 db (1) 575	50 db (2) 543	40 db (5) 592	55 db (3) 516	35 db (4) 635	2861
2	35 db (2) 612	40 db (3) 606	55 db (1) 535	45 db (4) 568	50 db (5) 559	2880
3	40 db (4) 580	45 db (5) 606	35 db (3) 629	50 db (1) 573	55 db (2) 520	2908
4	55 db (5) 529	35 db (1) 644	50 db (4) 553	40 db (2) 598	45 db (3) 569	2893
5	50 db (3) 559	55 db (4) 518	45 db (2) 561	35 db (5) 616	40 db (1) 605	2859
Total pour chaque colonne	2855	2917	2870	2871	2888	Total général 14 401
Total pour chaque combiné	(1) 2932	(2) 2834	(3) 2879	(4) 2854	(5) 2902	Numérateur du coefficient de régression linéaire
Total pour chaque valeur d'affaiblissement	35 db 3136	40 db 2981	45 db 2879	50 db 2787	55 db 2618	—1230

A partir de ces trois tableaux, on prépare un quatrième tableau (formule D), tableau n° 7 contenant les sommes étendues à l'ensemble des trois systèmes des totaux par « groupe d'essai » (ligne) par « opérateur qui parle » (colonne) et par valeur d'affaiblissement.

TABLEAU 7

Sommation des résultats étendue à l'ensemble des systèmes 1, 2 et 3

Totaux par ligne (groupe d'essais)	(1) 8637	(2) 8601	(3) 8622	(4) 8757	(5) 8507	Total général
Totaux par colonne (« opérateur qui parle »)	« A » 8624	« B » 8685	« C » 8621	« D » 8490	« E » 8704	43 124
Totaux par valeur d'affaiblissement	x_1 9611	x_2 9049	x_3 8639	x_4 8229	x_5 7596	Numérateur du coefficient de régression linéaire −4850

La grandeur désignée par l'expression « numérateur du coefficient de régression linéaire » (dans les tableaux n^{os} 4, 5, 6 et 7) (linear) est nécessaire pour déterminer la pente de la courbe représentant la variation des résultats d'essais après transformation en fonction de l'affaiblissement de la ligne ; on la calcule en faisant la somme des produits de chaque total (TB) pour une valeur d'affaiblissement par le coefficient polynomial approprié. Dans le cas de cinq valeurs d'affaiblissement (B) ces coefficients sont respectivement : −2, −1, 0, + 1, + 2, on a donc pour le système 1 :

$$[-2\ (3327)] + [-1\ (3034)] + 0\ (2848) + 1\ (2739) + 2\ (2411) = -2127$$

L'étape suivante est alors l'analyse de la variance des données expérimentales qui sont groupées dans les quatre tableaux ci-dessus (n^{os} 4, 5, 6, 7). Avant de procéder à cette analyse, on indique les symboles employés. Pour chaque système, on peut séparer les facteurs suivants : affaiblissement (B) ; « opérateur qui parle » (C) ; groupe d'essai (E) ; et quand il y a lieu, combiné (à l'émission) ou jeu de combinés (à la réception) (F). La lettre entre parenthèses suivant chaque facteur sert à désigner ce facteur. Le facteur représenté par les différences entre les systèmes téléphoniques est appelé Système et désigné par (A). Ces cinq facteurs correspondent aux effets principaux, mais il y a lieu de considérer, en plus, les trois effets d'interaction désignés par (AB) (AC) et (AE). Ces effets d'interaction représentent la mesure dans laquelle les effets (B), (C) et (E) sont différents dans le cas de plusieurs systèmes. On obtient finalement une estimation de l'erreur expérimentale fortuite qui est appelée erreur.

Chacun des facteurs correspondant à l'un des effets principaux apparaît dans le programme d'expériences avec un certain nombre de valeurs ou de conditions, par exemple : il y a cinq valeurs d'affaiblissement (B), cinq « opérateurs qui parlent » (ou cinq conditions pour (C), etc..., il y a, par conséquent, le même nombre de totaux par valeur d'affaiblissement, de totaux par « opérateur qui parle », etc... et ces totaux sont désignés par $T\ (B)_{i,j}$, $T\ (C)_{i,j}$, etc..., le premier indice indiquant le numéro d'ordre attribué à une valeur ou à une condition de ce facteur et le second indiquant le système téléphonique auquel s'applique ce total, par exemple :

$$T(B)_{2\times 3} = 2981, \qquad T(C)_{4\times 2} = 2825, \qquad T(E)_{3\times 1} = 2867.$$

Les totaux, après sommation étendue à l'ensemble des systèmes, sont désignés de la même façon, mais avec le second indice supprimé, par exemple $T(B)_3 = 8639$. Les totaux généraux pour chaque système sont désignés par G_1, etc... et le total général, après sommation étendue à l'ensemble des systèmes, est désigné par G.

Les résultats individuels d'essais de netteté après transformation sont désignés collectivement pour chaque système par y_i, etc... suivant le système auquel ils s'appliquent (il n'est pas nécessaire de distinguer entre les valeurs individuelles de y_j).

Finalement, le nombre de valeurs de (B) est désigné par le symbole a (a est donc le nombre de valeurs d'affaiblissement par système) et le nombre de valeurs individuelles de y qui contribuent à chaque total pour une valeur d'affaiblissement est représenté par le symbole r. Le nombre de systèmes est appelé q.

L'analyse de la variance demande le calcul de plusieurs sommes de carrés qui vont être indiquées. On traite d'abord chaque système séparément. La somme des carrés pour chaque effet principal est désigné par S (B), S (C), etc...

Pour chaque système, on a

$$S(B) = \sum_i \frac{T(B)_{i,j}^2}{r} - \frac{G_j^2}{ar}$$

On obtient d'une façon analogue S (C) etc... en remplaçant T (B) par T (C) etc... Le second terme reste le même pour n'importe quel système donné. Le dénominateur du premier terme est égal au nombre de valeurs individuelles de y qui entrent dans chacun des totaux considérés, dans le présent cas 5 pour chacune des sommes S (B), S (C), S (E) et S (F). Avec un programme d'expérience établi par une autre méthode que celle du carré gréco-latin, le diviseur peut ne pas être le même pour tous ces facteurs.

On calcule, à titre d'exemple, les sommes de carrés pour le système 1.

$$S(B)_1 = \frac{3327^2 + 3034^2 + 2848^2 + 2739^2 + 2411^2}{5} - \frac{14\,359^2}{5\times 5}$$

$$= 8\,340\,046 - 8\,247\,235 = 92\,811.$$

$$S(C)_1 = \frac{2872^2 + 2874^2 + 2879^2 + 2794^2 + 2940^2}{5} - \frac{14\,359^2}{5\times 5}$$

$$= 8\,249\,387 - 8\,247\,235 = 2152.$$

$$S(E)_1 = \frac{2911^2 + 2863^2 + 2867^2 + 2877^2 + 2841^2}{5} - \frac{14\,359^2}{5\times 5}$$

$$= 8\,247\,758 - 8\,247\,235 = 523.$$

$$\text{Erreur} = \text{Somme des carrés des } y_1 - \frac{G_1^2}{5\times 5} - S(B)_1 - S(C)_1 - S(E)_1 = 4028.$$

En plus de ces sommes de carrés, on a besoin de celle qui intervient dans le coefficient de régression linéaire en fonction de l'affaiblissement de la ligne. Cette grandeur est donnée par l'équation suivante dans le cas de cinq valeurs d'affaiblissement :

$$S(B')_1 = \frac{[-2T(B)_{1\times 1} - 1T(B)_{2\times 1} + 1T(B)_{4\times 1} + 2T(B)_{5\times 1}]^2}{10\,r}$$

La valeur numérique de l'expression entre parenthèses figure dans les quatre tableaux nos 4, 5, 6 et 7 ci-dessus sous le titre « Numérateur du coefficient de régression linéaire ». La somme de carrés représentant la dispersion des valeurs moyennes de résultats d'essais, par rapport à la ligne droite la mieux adaptée aux résultats, est donnée par l'expression $S(B)_1 - S(B')_1$.

Ces valeurs peuvent alors être groupées dans le tableau suivant :

Système 1

$$\frac{G_1^2}{25} = 8\,247\,235$$

Facteur	Nombre de degrés de liberté	Somme des carrés
$(B)_1$	4	92 811
$(C)_1$	4	2 152
$(E)_1$	4	523
Erreur expérimentale accidentelle pour le système 1	12	4 028
$(B')_1$	1	90 483
$(B)_1 - (B')_1$	3	2 328

Le nombre de degrés de liberté pour chacun des facteurs principaux est égal au nombre de valeurs ou de conditions pour ce facteur diminué de 1. Le nombre de degrés de liberté pour l'erreur expérimentale accidentelle est obtenu en retranchant la somme des nombres de degrés de liberté correspondant à tous les facteurs appropriés, du nombre total de données par système diminué de 1, c'est-à-dire $25 - 1 - 4 - 4 - 4 = 12$.

On applique ensuite le même procédé aux autres systèmes, ce qui donne les résultats figurant dans les deux tableaux ci-après :

Système 2

$$\frac{G_2^2}{25} = 8\,252\,980$$

Facteur	Nombre de degrés de liberté	Somme des carrés
$(B)_2$	4	45 120
$(C)_2$	4	666
$(E)_2$	4	3 663
$(F)_2$	4	1 234
Erreur expérimentale accidentelle pour le système 2	8	1 209
$(B)'_2$	1	44 581
$(B)_2 - (B')_2$	3	539

Système 3

$$\frac{G_3^2}{25} = 8\,295\,552$$

Facteur	Nombre de degrés de liberté	Somme des carrés
$(B)_3$	4	30 606
$(C)_3$	4	448
$(E)_3$	4	351
$(F)_3$	4	1 196
Erreur expérimentale accidentelle pour le système 3	8	1 140
$(B')_3$	1	30 258
$(B)_3 - (B')_3$	3	348

Il y a lieu de remarquer que la présence du facteur (F) ramène à 8 le nombre de degrés de liberté pour l'erreur expérimentale accidentelle dans le cas des systèmes 2 et 3.

L'étape suivante consiste à calculer les effets des facteurs principaux (B), (C) et (E) pour les sommations étendues à l'ensemble des systèmes. Ceci s'effectue de la même façon que pour les systèmes individuels sauf que les dénominateurs de toutes les expressions sont multipliés par trois qui est le nombre de systèmes auxquels la sommation a été étendue. La règle générale pour déterminer un de ces dénominateurs est qu'il est égal au nombre de données unitaires individuelles auxquelles la sommation a été étendue pour obtenir les totaux que l'on élève au carré.

$$\text{Ainsi :} \quad \frac{G^2}{3\times5\times5} = 24\,795\,725$$

$$S(B) = \frac{9611^2 + 9049^2 + 8639^2 + 8229^2 + 7596^2}{3\times5} - 24\,795\,725$$

$$\doteq 157\,855$$

$$S(C) = 1\,872$$

$$S(E) \doteq 2\,138$$

On obtient aussi S(B') de la même façon que ci-dessus sauf que le dénominateur devient $10\times3\times5$

$$S(B') = 156\,817$$

L'étape suivante consiste à calculer les sommes de carrés correspondant aux effets d'interaction et la meilleure façon d'effectuer cette opération est de grouper dans un tableau toutes les sommes de carrés déjà calculées ; on obtient alors par soustraction les sommes de carrés correspondant aux effets d'interaction.

Facteur	Système 1	Système 2	Système 3	Sommation étendue à tous les systèmes	Interaction (AB), (AC), (AE), et (AB′)
(B)	92 811	45 120	30 606	157 855	10 682
(C)	2 152	666	448	1 872	1 394
(E)	523	3 663	351	2 138	2 399
Erreur	4 028	1 209	1 140	—	—
(B′)	90 483	44 581	30 258	156 817	8 505
(B) − (B′)	2 328	539	348	—	—

On obtient les sommes de carrés correspondant aux effets d'interaction en retranchant la valeur figurant dans la cinquième colonne de ce tableau de la somme des valeurs figurant dans les seconde, troisième et quatrième colonnes, par exemple :

$$92\,811 + 45\,120 + 30\,606 - 157\,855 = 10\,682$$

Facteur	Nombre de degrés de liberté	Somme des carrés	Carré moyen	Rapport des variances
(A)	2	42	21	0,092
(B)	4	157 855	39 464	173,2 †††
(AB)	8	10 682	1 335,25	5,86 †
(C)	4	1 872	468	2,05
(E)	4	2 138	534,5	2,35
(AC)	8	1 394	174,25	0,76
(AE)	8	2 399	299,9	1,32
$(F)_2$	4	1 234	308,5	1,35
$(F)_3$	4	1 196	299	1,31
Erreur	28	6 377	227,75	—
(B′)	1	156 817	156 817	688,4 †††
(AB′)	2	8 505	4 252,5	18,67 ††
(B) − (B′)	9	3 215	357,2	1,56
$(B')_1$	1	90 483	90 483	397,2 †††
$(B')_2$	1	44 581	44 581	195,7 †††
$(B')_3$	1	30 258	30 258	132,8 †††

L'erreur pour l'ensemble des trois systèmes (pooled error) peut se déduire de ce tableau en ajoutant les sommes de carrés correspondant aux erreurs pour chacun des trois systèmes et on peut calculer de la même façon la dispersion pour l'ensemble des trois systèmes par rapport aux trois droites de régression en ajoutant les sommes de carrés correspondant à (B) − (B').

On peut alors grouper tous ces résultats ensemble et avec les deux sommes de carrés correspondant à (F) on peut éprouver leur importance statistique par rapport au carré moyen de l'erreur pour l'ensemble des trois systèmes. La méthode d'épreuve est décrite plus loin.

Dans le tableau ci-dessus, on obtient la somme des carrés pour le facteur (A) en retranchant $\frac{G_2}{75}$ de la somme des valeurs correspondantes pour les trois systèmes considérés séparément, ce qui donne :

$$8\,247\,235 + 8\,252\,980 + 8\,295\,552 - 24\,795\,725 = 42$$

Le nombre de degrés de liberté pour (A) est, suivant la règle générale, égal au nombre de systèmes diminué de 1. Le nombre de degrés de liberté pour les effets d'interaction s'obtient en prenant le produit des nombres de degrés de liberté pour les effets principaux correspondants. Le nombre de degrés de liberté pour des grandeurs relatives à l'ensemble des trois systèmes s'obtient en ajoutant les nombres de degrés de liberté correspondant aux grandeurs qui ont été mises en commun (pooled).

On obtient les carrés moyens en divisant la somme de carrés correspondant à chaque facteur par le nombre correspondant de degrés de liberté. Le rapport des variances est égal au carré moyen divisé par le carré moyen correspondant à l'erreur.

On peut alors éprouver l'importance statistique de chaque facteur d'après la valeur de ce rapport des variances. On dispose de tables qui donnent les valeurs critiques des rapports des variances correspondant à des facteurs statistiquement importants à 5%, 1% et 0,1% près * en fonction du nombre de degrés de liberté pour le facteur soumis à cette épreuve et du fait du nombre de degrés de liberté pour l'erreur par rapport à laquelle on éprouve le facteur considéré. Un extrait d'une telle table (table n° 1) figure à la fin de la présente Annexe. Quant le rapport des variances dépasse la valeur critique à 5% près et ne dépasse pas la valeur critique à 1% près, on dit que ce facteur est « important » (significant) et ceci est indiqué dans le tableau ci-dessus par †. Quant le rapport des variances est compris entre les valeurs critiques à 1% et à 0,1% près, on dit que ce facteur est « très important » (highly significant), ceci est indiqué par ††. Quant le rapport des variances est supérieur à la valeur critique à 0,1% près, on emploie l'expression « extrêmement important » (very highly significant) et ce fait est indiqué par †††.

L'interprétation du tableau ci-dessus permet d'effectuer un examen critique de la confiance que l'on peut accorder à l'« expérience » considérée. Il faut acquérir une certaine pratique avant de pouvoir utiliser complètement les renseignements que fournit ce tableau d'analyse de la variance. L'emploi le plus important d'un tel tableau est de décider si l'« expérience » devrait être répétée ou non. On va donner maintenant quelques indications pouvant servir de guide pour une telle décision.

ARCHIVES U.I.T. GENÈVE

1. La valeur du carré moyen de l'erreur indique si les résultats présentent le degré normal de cohérence. L'expérience montre que des valeurs supérieures à 500 sont rares.

2. L'importance ou l'absence d'importance de (E) indique si les résultats d'essais sont restés stables entre les cinq groupes d'essais qui ont été exécutés successivement. Si (E) était important et si l'on remarquait que les totaux pour chaque ligne (dans le tableau donnant les résultats de sommation étendue à l'ensemble des trois systèmes) augmentaient successivement depuis la ligne 1 jusqu'à la ligne 5, cela suggérerait la présence d'un effet de pratique expérimentale. Dans un tel cas, on devrait certainement répéter l'expérience.

* La valeur critique à 5% près du rapport des variances (critical values of variance ratio 5% level of significance) est celle qui, si l'on effectue un très grand nombre d'expériences serait dépassée en moyenne cinq fois sur cent par le seul jeu du hasard, en raison du nombre limité de données dont on dispose dans chaque expérience. On dit aussi que le facteur correspondant est « important à 5% près ».

Si le facteur d'interaction (AE) était lui aussi important, cela indiquerait soit que l'effet de pratique expérimentale n'existait que pour un ou deux systèmes, soit qu'il était différent pour les trois systèmes.

3. Si l'un ou l'autre des effets du facteur (F) est important, cela indique que le jeu de cinq combinés n'est pas homogène et qu'on doit prendre des précautions avant d'étendre, à tous les combinés du même type, une conclusion quelconque tirée des mesures. Il n'y aurait pas d'intérêt à répéter l'expérience en employant les mêmes cinq combinés, mais il serait utile de se procurer un autre jeu de cinq combinés de ce type et de répéter alors l'expérience.

4. Il est très important de noter si le facteur d'interaction (AC) est important ou non, parce que, s'il est important, cela signifie que les résultats obtenus pour la comparaison entre les trois systèmes, c'est-à-dire les valeurs d'A.E.N. dépendent dans une certaîne mesure de l'équipe particulière d'opérateurs qui a effectué les essais, c'est-à-dire que, si les limites de confiance sont basées sur la valeur du carré moyen de l'erreur qui a été obtenue, il est possible que la vraie valeur d'A.E.N. applicable avec n'importe quelle équipe entra[née de la même façon et employant la même technique, ne soit pas comprise entre ces limites de confiance. Il n'y a pas d'intérêt à répéter immédiatement l'expérience avec la même équipe. On peut, toutefois, présenter les résultats d'une façon qui ne soit pas trompeuse en employant le carré moyen correspondant à l'effet (AC) et son nombre de degrés de liberté pour estimer les limites de confiance qui, de ce fait, seront un peu plus écartées.

5. Si (B′) est extrêmement important, cela indique que la moyenne des pentes des trois droites de régression représentant y en fonction de x a été estimée avec une précision satisfaisante. Si cette pente n'a pas été estimée avec précision, les résultats finals, exprimés sous la forme de valeurs de $x_{0,8}$, auront des limites de confiance si écartées qu'ils seront tout à fait inutilisables.

6. Le facteur d'interaction (AB′) est souvent, mais pas toujours important. Quand il n'est pas important, cela indique qu'on peut prendre une valeur commune pour les pentes des trois droites de régression ; on peut alors en profiter pour calculer les deux valeurs d'A.E.N. sans calculer d'abord les trois valeurs de $x_{0,8}$ mais on n'emploiera pas cette méthode dans la suite, afin de conserver une présentation uniforme des résultats. Quand le facteur d'interaction (AB′) est important, cela indique que les trois droites de régression ont des pentes différentes ; dans ce cas, les facteurs $(B')_1$, $(B')_2$ et $(B')_3$ doivent être extrêmement importants, ce qui indiquera que les trois pentes ont été estimées séparément avec une précision suffisante. Si les trois rapports de variances, pour ces facteurs, ne dépassent pas environ 64, les résultats ne sont pas assez précis ; en fait, certaines approximations qui sont faites ci-après pour l'estimation de limites de confiance ne sont pas valables si cette condition n'est pas remplie.

7. (B) — (B′) fournit une mesure de la dispersion des points représentatifs des résultats d'essais, autour des trois droites de régression. Si ce facteur n'est pas important, cela indique que l'emploi d'une droite comme ligne de régression était justifié ; si ce facteur est important, cela peut prouver que la ligne de régression présente une courbure sensible, mais la meilleure façon d'étudier ce point est de tracer les lignes de régression et de les examiner visuellement. Quelquefois, la courbure est due au choix de valeurs d'affaiblissement qui s'étendent très loin dans la région des fortes valeurs de netteté.

II. — Détermination des valeurs $x_{0,8}$ de l'affaiblissement de la ligne et des valeurs d'A.E.N.

L'étape suivante consiste à calculer les valeurs $x_{0,8}$ de l'affaiblissement de la ligne pour trois systèmes téléphoniques. Les coefficients de régression linéaire désignés par B_1, B_2, B_3 sont obtenus en divisant par 50 I, les sommes de produits appelées « numérateur du coefficient de régression linéaire » dans chacun des tableaux n^{os} 4,5 et 6 ci-dessus, I est l'intervalle en décibels compris entre deux valeurs consécutives de l'affaiblissement de la ligne. Dans le cas étudié, on a $I = 5$ db, d'où

$$b_1 = \frac{-2127}{250} = -8{,}508$$

$$b_2 = \frac{-1493}{250} = -5{,}972$$

$$b_3 = \frac{-1230}{250} = -4{,}920$$

La valeur de $x_{0,8}$ est donnée par l'expression :

$$x_{0,8} = \bar{x} + \frac{569{,}3 - \bar{y}}{b}$$

où 569,3 est la valeur de y correspondant à une netteté pour les sons de 0,8,
$\bar{x}$ est l'affaiblissement moyen (ou valeur médiane) et
$\bar{y}$ est la valeur moyenne de y pour le système considéré.

Système 1

$$x_{0,8} = 60 + \frac{569{,}3 - \frac{14\,359}{25}}{-8{,}508}$$

$$= 60 + \frac{-5{,}1}{-8{,}508}$$

$$= 60{,}60 \text{ db.}$$

Système 2

$$x_{0,8} = 45 + \frac{569{,}3 - \frac{14\,364}{25}}{-5{,}972}$$

$$= 45 + \frac{-5{,}3}{-5{,}972}$$

$$= 45{,}89 \text{ db.}$$

Système 3

$$x_{0,8} = 45 + \frac{569{,}3 - \frac{14\,401}{25}}{-4{,}920}$$

$$= 45 + \frac{-6{,}7}{-4{,}920}$$

$$= 46{,}36 \text{ db.}$$

La valeur de l'A.E.N. à l'émission du système téléphonique commercial s'obtient en prenant la différence entre les valeurs de $x_{0,8}$ ainsi calculées pour les systèmes 1 et 2, à savoir :

$$60{,}60 - 45{,}89 = 14{,}71 \text{ db pire que l'A.R.A.E.N.}$$

La valeur de l'A.E.N. à la réception du système téléphonique commercial s'obtient en prenant la différence entre les valeurs de $x_{0,8}$ ainsi calculées pour les systèmes 1 et 3, à savoir :

$$60{,}60 - 46{,}36 = 14{,}24 \text{ db pire que l'A.R.A.E.N.}$$

Quand le facteur d'interaction (AB') n'est pas important, on peut prendre une pente commune aux trois droites de régression, comme il a déjà été expliqué. Cette pente serait donnée par l'expression :

$$b = \frac{\text{« numérateur du coefficient de régression linéaire » figurant dans le tableau 7}}{150\,I}$$

Dans le présent exemple, la valeur numérique de l'expression entre parenthèses serait de -4850 si l'effet d'interaction n'avait pas été important.

Si l'on emploie, dans les expressions de $x_{0,8}$, cette valeur de b commune aux trois systèmes, il est évident qu'on peut calculer directement les valeurs d'A.E.N. sans introduire la valeur 569,3 et avec un peu moins de calculs arithmétiques. On n'utilisera pas ce procédé car il y a intérêt à connaître les valeurs de $x_{0,8}$ (et particulièrement celles du système 1) aussi bien que les valeurs d'A.E.N.

III. — Calcul des limites de confiance

Pourvu que les pentes des trois droites de régression aient été estimées avec une bonne précision (voir le § I) et pourvu que la valeur de $\bar{y}$ ne diffère pas beaucoup de 569,3 (ou, ce qui revient au même, que $\bar{x}$ ne diffère pas beaucoup de $x_{0,8}$, par exemple pas de plus que 5 db), on peut employer pour déterminer $V(x_{0,8})$ la formule approximative suivante :

$$V(x_{0,8}) = \frac{V_o}{25\,b^2}$$

Système 1

$$V(x_{0,8}) = \frac{227{,}75}{25\,(-8{,}508)^2} = 0{,}126\ (\text{db})^2$$

Système 2

$$V(x_{0,8}) = \frac{227{,}75}{25\,(-5{,}972)^2} = 0{,}255\ (\text{db})^2$$

Système 3

$$V(x_{0,8}) = \frac{227{,}75}{25\,(-4{,}920)^2} = 0{,}368\ (\text{db})^2$$

On obtient les variances des deux valeurs d'A.E.N. en additionnant les variances des deux valeurs de $x_{0,8}$ employées pour calculer les valeurs respectives d'A.E.N.

Par suite :

$$V(\text{A.E.N. à l'émission}) = 0{,}126+0{,}255 = 0{,}381\ (\text{db})^2$$

et

$$V(\text{A.E.N. à la réception}) = 0{,}126+0{,}368 = 0{,}494\ (\text{db})^2$$

On calcule à partir de ces variances les intervalles de confiance par la méthode habituelle, à savoir par la formule :

$$\text{Intervalle de confiance} = \pm\, t\sqrt{V}$$

où t dépend du nombre de degrés de liberté pour V_o (dans le présent cas 28, correspondant à $t = 2{,}05$ pour des limites de confiance à 95%). Les intervalles de confiance ont donc les valeurs suivantes :

$x_{0,8}$	Système 1	±0,73 db
	Système 2	±1,03 db
	Système 3	±1,24 db
A.E.N.	Emission	±1,26 db
	Réception	±1,43 db

Si l'effet d'interaction (AC) est important, ou bien on modifie le procédé décrit ci-dessus en employant le carré moyen pour (AC) au lieu du carré moyen de l'erreur et en modifiant d'une façon correspondante le nombre de degrés de liberté pour t (les limites de confiance sont généralement beaucoup plus écartées), ou bien on reprend l'expérience.

Les Administrations et Exploitations privées qui désirent effectuer des essais de netteté moins longs peuvent préférer l'emploi de l'une des deux méthodes suivantes pour l'établissement d'un programme d'expérience :

Méthode des blocs avec brassage
(deux valeurs d'affaiblissement par système)

(Cette méthode n'est pas décrite aussi en détail que la méthode des carrés gréco-latins).

Dans cette méthode, on utilise les « opérateurs qui parlent » comme des blocs et les deux valeurs d'affaiblissement pour chaque système sont considérées comme des « traitements » et réparties au hasard dans tous les blocs. Bien que la 9me série d'expériences du Laboratoire du C.C.I.F. n'ait pas été réellement effectuée d'après un programme arrangé de cette façon, il est admissible d'employer une partie des résultats de cette série d'expériences pour illustrer cette méthode d'analyses.

Analyse de la variance. — On réunit d'abord de la façon suivante les résultats individuels d'essais de netteté (on ne donnera les résultats complets que pour un système, dans le tableau 9 ci-après).

TABLEAU 9

Système 2 $\left(\frac{\text{III}}{\text{R}}\right)$ *(1re séquence)*

Affaiblissement de la ligne	« Opérateur qui parle »				
	« A »	« B »	« C »	« D »	« E »
23 db	64	73	65	70	70
	64	63	68	68	71
	54	69	68	75	68
	61	65	68	72	61
	243	270	269	285	270
37 db	34	62	38	54	40
	30	41	51	62	59
	18	58	62	36	54
	42	57	60	52	41
	124	218	211	204	194

On groupe de la même façon les résultats relatifs aux autres systèmes (le système 1 est le système R/R de la 9me série d'expériences avec la même puissance vocale que les systèmes commerciaux ; le système 3 est le système R/III, et les totaux pour chaque essai élémentaire de netteté sont transformés comme ci-dessus. On dispose alors dans le tableau 10 ci-après les résultats d'essais après transformation.

TABLEAU 10

Système 1						Somme
39 db.	591	614	608	635	606	3 054
52 db.	540	551	564	565	542	2 762
Somme	1 131	1 165	1 172	1 200	1 148	5 816
						Numérateur du coefficient de régression linéaire
						−292
Système 2						
23 db.	573	610	608	647	610	3 048
37 db.	482	549	543	538	530	2 642
Somme	1 055	1 159	1 151	1 185	1 140	5 690
						Numérateur du coefficient de régression linéaire
						−406
Système 3						
24 db.	575	622	606	598	566	2 967
38 db.	527	525	543	541	538	2 674
Somme	1 102	1 147	1 149	1 139	1 104	5 641
						Numérateur du coefficient de régression linéaire
						−293
Sommation étendue à l'ensemble des systèmes 1 à 3						
x_1	1 739	1 846	1 822	1 880	1 782	9 069
x_2	1 549	1 625	1 650	1 644	1 610	8 078
Somme	3 288	3 471	3 472	3 524	3 392	17 147
						Numérateur du coefficient de régression linéaire
						−991

Les résultats de l'analyse de la variance sont donnés dans le tableau 11 ci-après.

TABLEAU 11

Facteur	Nombre de degrés de liberté	Somme des carrés	Carré moyen	Rapport des variances
(A)	2	1 631	815	3,82
(B) = (B′)	1	32,736	32,736	1,54
(AB) = (AB′)	2	858	429	2,01
(C)	4	5,648	1,412	6,63 †
(AC)	8	1,646	206	0,97
(BC)	4	565	141	0,66
(ABC) = erreur	8	1,704	213	—

Estimation de $x_{0,8}$ — On peut estimer les valeurs de $x_{0,8}$ d'une façon analogue à celle qui a été adoptée pour la méthode précédente. La seule différence réside dans la valeur des dénominateurs parce qu'ici il n'y a que deux valeurs d'affaiblissement par système.

Système 1

$$b = \frac{-292}{1\times 5\times 13} = 4{,}49$$

$$x_{0,8} = 45{,}5 + \frac{569{,}3 - \frac{5816}{10}}{-4{,}49} = 45{,}5 + \frac{-12{,}3}{-4{,}49} = 48{,}24 \text{ db}$$

Système 2

$$b = \frac{-406}{1\times 5\times 14} = 5{,}80$$

$$x_{0,8} = 30 + \frac{569{,}3 - \frac{5690}{10}}{-5{,}80} = 30 + \frac{0{,}3}{-5{,}80} = 29{,}95 \text{ db}$$

Système 3

$$b = \frac{-293}{1\times 5\times 14} = 4{,}19$$

$$x_{0,8} = 31 + \frac{569{,}3 - \frac{5641}{10}}{-4{,}19} = 31 + \frac{5{,}2}{-4{,}19} = 29{,}76 \text{ db}$$

Estimation des limites de confiance. — On peut aussi estimer comme précédemment les limites de confiance.

Système 1

$$V(x_{0,8}) = \frac{213}{(-4{,}49)^2\times 5\times 2} = 1{,}05$$

$$\text{limite de confiance à } 95\,\% = \pm 2{,}31\sqrt{1{,}05} = \pm 2{,}37 \text{ db}$$

Système 2

$$V(x_{0,8}) = \frac{213}{(-5{,}80)^2\times 10} = 0{,}63$$

$$\text{limite de confiance à } 95\,\% = \pm 2{,}31\sqrt{0{,}63} = \pm 1{,}84 \text{ db}$$

Système 3

$$V(x_{0,8}) = \frac{213}{(-4{,}19)^2\times 10} = 1{,}22$$

$$\text{limite de confiance à } 95\,\% = \pm 2{,}31\sqrt{1{,}22} = \pm 2{,}55 \text{ db}$$

Méthode avec croisement des valeurs d'affaiblissement

Dans cette méthode, comme dans la méthode des blocs avec brassage et avec deux valeurs d'affaiblissement, on admet que l'existence d'une relation linéaire entre les valeurs moyennes de netteté après transformation et les valeurs d'affaiblissement a déjà été vérifiée. On emploie cinq valeurs d'affaiblissement pour chaque système mais seulement deux des cinq « opérateurs qui parlent » interviennent pour chaque valeur d'affaiblissement. La disposition des essais est telle que la pente de la droite de régression peut être estimée avec toute la précision possible, mais on ne peut éprouver l'importance des écarts par rapport à cette droite qu'avec une précision réduite. Les essais sont effectués en deux groupes et, si un groupe d'essais est complètement effectué avant de commencer l'autre, on peut déceler toute variation systématique du comportement de l'équipe. Dans le premier groupe d'essais, les valeurs d'affaiblissement pour chaque système sont attribuées, une à chaque « opérateur qui parle », indépendamment et au hasard. Le second groupe d'essais se déduit du premier en s'arrangeant pour que l'« opérateur qui parle » qui employait la valeur x_1 d'affaiblissement pour n'importe quel système particulier dans le groupe d'essais 1 utilise la valeur x_5 pour le même système dans le groupe d'essais 2 ; « l'opérateur qui parle » qui a employé l'affaiblissement x_2 dans le groupe 1 emploie x_4 dans le groupe 2 pour le même système ; « l'opérateur qui parle » qui a employé x_3 dans le groupe 1 emploie également x_3 pour le même système dans le groupe 2. Cette méthode tire son nom de la façon dont on a « croisé » les valeurs d'affaiblissement entre les deux groupes d'essais.

Analyse de la variance. — On commence par grouper les résultats obtenus par les opérateurs qui écoutent et par prendre leur somme pour l'ensemble des quatre opérateurs qui écoutent en même temps. On transforme ensuite ces sommes comme ci-dessus. On ne donne pas ici d'exemple de cette addition des résultats mais seulement des valeurs après transformation, disposées de façon à illustrer l'arrangement du programme d'expériences et à faciliter l'analyse de la variance (tableau 12 ci-après). Cet arrangement est très semblable à celui de la méthode du carré gréco-latin, sauf qu'il y a deux groupes d'essais au lieu de cinq.

TABLEAU 12

Système 1						
Groupe d'essais 1	65 db	50 db	55 db	45 db	60 db	Somme
	480	595	576	612	552	2 815
» » 2	45 db	60 db	55 db	65 db	50 db	
	669	544	590	480	605	2 888
Somme	1 149	1 139	1 166	1 092	1 157	5 703
Total pour chaque valeur d'affaiblissement	45 db	50 db	55 db	60 db	65 db	Numérateur du coefficient de régression linéaire
	1 281	1 200	1 166	1 096	960	−746
Système 2						
Groupe d'essais 1	45 db	40 db	30 db	35 db	50 db	Somme
	515	594	614	553	532	2 808
» » 2	35 db	40 db	50 db	45 db	30 db	
	659	628	528	538	627	2 980
Somme	1 174	1 222	1 142	1 091	1 159	5 788
Total pour chaque valeur d'affaiblissement	30 db	35 db	40 db	45 db	50 db	Numérateur du coefficient de régression linéaire
	1 241	1 212	1 222	1 053	1 060	−521

TABLEAU 12 *(suite)*

Système 3						
Groupe d'essais 1	40 db	35 db	45 db	50 db	55 db	Somme
	581	605	575	549	510	2 820
» » 2	50 db	55 db	45 db	40 db	35 db	
	558	505	585	583	641	2 872
Somme	1 139	1 110	1 160	1 132	1 151	5 692
Total pour chaque valeur d'affaiblissement	35 db	40 db	45 db	50 db	55 db	Numérateur du coefficient de régression linéaire
	1 246	1 164	1 160	1 107	1 015	−519

Sommation étendue à l'ensemble des systèmes 1 à 3

Total pour chaque groupe d'essais 1	.	.	.	.	.	8 443
Total pour chaque groupe d'essais 2	.	.	.	.	.	8 740
Total pour chaque « opérateur qui parle »	1	2	3	4	5	
	3 462	3 471	3 468	3 315	3 467	

Total général . . . . . = 17 183
Numérateur du coefficient de régression linéaire = −1 786

On peut calculer d'après ce tableau 12 les sommes de carrés nécessaires à l'analyse de la variance, ce qui donne le résultat indiqué dans le tableau 13 ci-après.

TABLEAU 13

Facteur	Nombre de degrés de liberté	Somme des carrés	Carré moyen	Rapport des variances
(A)	2	552	276	0,37
(B′)	1	53,163	53,163	71 †††
(AB′)	2	1,702	851	1,14
(C)	4	3,088	772	1,03
(E)	1	2,940	2,940	3,94
(AC)	8	3,872	484	0,65
(AE)	2	820	410	0,55
Erreur	9 − 3 = 6	4,493	748	—

Dans le tableau ci-dessus, le nombre de degrés de liberté pour l'erreur a été diminué de trois parce qu'il a été nécessaire de calculer trois valeurs « manquantes » pour permettre d'utiliser dans cet exemple des données expérimentales existantes.

D'après la valeur relativement élevée de la variance de l'erreur, l'analyse de la variance figurant ci-dessus indiquerait qu'il s'agit d'une expérience qui n'est pas satisfaisante et qui devrait être répétée. Des valeurs supérieures à environ 500 sont rares d'après l'expérience de l'Administration britannique et du Laboratoire du C.C.I.F. Bien que les conclusions de cette analyse de la variance n'aient pas été satisfaisantes, on estimera ci-après les valeurs de $x_{0,8}$ et leurs limites de confiance, simplement pour donner un exemple d'application de la méthode.

Estimation de $x_{0,8}$ — Les trois systèmes sont identiques à ceux qui ont été employés pour illustrer la méthode du carré gréco-latin ; en fait, ils ont été employés dans la même expérience.

On obtient les valeurs de $x_{0,8}$ comme ci-dessus.

Système 1

$$b = \frac{-746}{10\times 2\times 5} = -7{,}46$$

$$x_{0,8} = 55 + \frac{569{,}3 - \frac{5703}{10}}{-7{,}46} = 55 + \frac{-1{,}0}{-7{,}46} = 55{,}13 \text{ db}$$

Système 2

$$b = \frac{-521}{100} = -5{,}21$$

$$x_{0,8} = 40 + \frac{569{,}3 - \frac{5788}{10}}{-5{,}21} = 40 + \frac{-9{,}5}{-5{,}21} = 41{,}82 \text{ db}$$

Système 3

$$b = \frac{-519}{100} = -5{,}19$$

$$x_{0,8} = 45 + \frac{569{,}3 - \frac{5692}{10}}{-5{,}19} = 45 + \frac{0{,}1}{-5{,}19} = 44{,}98 \text{ db}$$

Estimation des limites de confiance. — Les limites de confiance sont déterminées comme ci-dessus.

Système 1

$$V(x_{0,8}) = \frac{748}{(-7{,}46)^2\times 2\times 5} = 1{,}34$$

limite de confiance à 95 % $= \pm 2{,}45\sqrt{1{,}34} = \pm 2{,}48$ db

Système 2

$$V(x_{0,8}) = \frac{748}{(-5{,}21)^2\times 2\times 5} = 2{,}74$$

limite de confiance à 95 % $= \pm 2{,}45\sqrt{2{,}74} = \pm 4{,}07$ db

Système 3

$$V(x_{0,8}) = \frac{748}{(-5{,}19)^2\times 2\times 5} = 2{,}79$$

limite de confiance à 95 % $= \pm 2{,}45\sqrt{2{,}79} = \pm 4{,}10$ db

TABLE N° 1

Table des valeurs critiques du Rapport des variances

(en admettant qu'il y ait 28 degrés de liberté pour le carré moyen de l'erreur)

Importance statistique à ... % près	Nombre de degrés de liberté pour la grandeur considérée				
	1	2	4	8	9
5 %	4,20	3,34	2,71	2,29	2,24
1 %	7,64	5,45	4,07	3,23	3,11
0,1 %	13,5	8,9	6,3	4,7	4,5

TABLE N° 2

Table pour la transformation de résultats d'essais de netteté

n est la somme des nombres de sons reçus correctement par quatre opérateurs qui écoutent

Transformation logistique $y = 500 + 100 \times \text{arg. th} \left(\frac{2n}{300} - 1 \right)$

La valeur maximum de n avec 4 opérateurs est 300

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
100	465	466	467	468	468	469	470	470	471	472
110	473	473	474	475	475	476	477	478	478	479
120	480	480	481	482	482	483	484	485	485	486
130	487	487	488	489	489	490	491	491	492	493
140	493	494	495	495	496	497	497	498	499	499
150	500	501	501	502	503	503	504	505	505	506
160	507	507	508	509	509	510	511	511	512	513
170	513	514	515	515	516	517	518	518	519	520
180	520	521	522	522	523	524	525	525	526	527
190	527	528	529	530	530	531	532	532	533	534
200	535	535	536	537	538	538	539	540	541	542
210	542	543	544	545	546	546	547	548	549	550
220	551	551	552	553	554	555	556	557	558	559
230	559	560	561	562	563	564	565	566	567	568
240	569	570	571	573	574	575	576	577	578	579
250	580	582	583	584	585	587	588	589	591	592
260	594	595	597	598	600	601	603	605	606	608
270	610	612	614	616	618	620	622	625	627	629
280	632	635	638	641	644	647	651	655	659	664
290	668	674	679	686	695	704	715	730	750	786

APPENDICE 2

Formation et brassage de carrés gréco-latins

Un carré latin est formé avec p lettres disposées sur p lignes comportant chacune p lettres ; chaque ligne et chaque colonne contient chaque lettre une fois et une fois seulement. Un exemple de carré latin de 5×5 est le suivant :

A	B	C	D	E
B	A	E	C	D
C	D	A	E	B
D	E	B	A	C
E	C	D	B	A

Il y a, en fait, 161 280 carrés latins de 5×5 différents entre eux, mais on peut choisir un carré dans cet ensemble en brassant convenablement, un carré (choisi au hasard) parmi seulement 56 carrés, fondamentaux de 5×5. Ces carrés fondamentaux figurent dans l'ouvrage de Fisher et Yates intitulé *Statistical Tables for Biological Agricultural and Medical Research* (Oliver and Boyd — 3me édition 1948).

Le procédé de brassage est aussi décrit dans cet ouvrage.

Un carré gréco-latin est formé de deux carrés latins superposés, l'un formé de caractères romains et l'autre de caractères grecs, tels que chaque ligne et chaque colonne contiennent chaque caractère romain une fois et une fois seulement et chaque caractère grec une fois et une fois seulement et que, en outre, chacune de toutes les combinaisons possibles d'un

caractère romain et d'un caractère grec se rencontre une fois et une fois seulement. Un exemple est donné par le carré suivant où les lettres minuscules représentent les caractères romains et où les chiffres représentent les caractères grecs.

a1	b2	c3	d4	e5
b3	c4	d5	e1	a2
c5	d1	e2	a3	b4
d2	e3	a4	b5	c1
e4	a5	b1	c2	d3

Pour former des carrés gréco-latins destinés à être employés dans des programmes d'expérience, on brasse de la façon suivante les lignes et les colonnes du carré ci-dessus. On permute toutes les lignes sauf la première, on permute toutes les colonnes et on attribue au hasard les lettres (romaines ou grecques) aux conditions d'essai auxquelles elles se rapportent. Ces permutations s'effectuent au hasard soit en marquant les lettres sur des fiches, en battant ces fiches comme des cartes et en en tirant une à la fois, soit à l'aide d'une table de nombres fortuits. La seconde méthode est peut-être la plus commode et elle est en même temps tout à fait sûre. Pour donner un exemple, on emploiera une table de nombres fortuits.

On numérote 1, 2, 3, 4 les quatre dernières lignes du carré gréco-latin ci-dessus. On trouve dans une table de nombres fortuits la suite de nombres suivants :

5, 3, 4, 4, 0, 9, 4, 2, 7, 2, 0, 0, 4, 1, 8, 6.

Les chiffres 1, 2, 3, 4 apparaissent chacun pour la première fois dans l'ordre suivant : 3, 4, 2, 1, de sorte que l'on décrit le carré avec ses quatre dernières lignes disposées dans cet ordre :

a1	b2	c3	d4	e5
d2	e3	a4	b5	c1
e4	a5	b1	c2	d3
c5	d1	e2	a3	b4
b3	c4	d5	e1	a2

On peut brasser les colonnes d'une façon semblable en employant une autre suite de nombres fortuits. Cette suite pourrait être par exemple la suivante :

1, 6, 9, 0, 8, 2, 6, 6, 5, 9, 8, 3, 6, 2, 1, 1, 6, 4, 1, 1.

En prenant les chiffres 1, 2, 3, 4, 5 dans l'ordre où chacun apparaît pour la première fois, on trouve : 1, 2, 5, 3, 4 : on permute donc les colonnes dans cet ordre, ce qui donne :

a1	b2	e5	c3	d4
d2	e3	c1	a4	b5
e4	a5	d3	b1	c2
c5	d1	b4	e2	a3
b3	c4	a2	d5	e1

Supposons maintenant que les lettres doivent représenter les cinq valeurs d'affaiblissement 30, 35, 40, 45 et 50 db. Une autre suite de nombres fortuits est :

4, 1, 4, 7, 1, 0, 2, 5, 6, 2, 9, 7, 0, 5, 3, 1.

En prenant les chiffres 1, 2, 3, 4, 5 dans l'ordre dans lequel ils apparaissent chacun pour la première fois, on obtient : 4, 1, 2, 5, 3. Quand on range dans cet ordre les valeurs d'affaiblissement, on obtient : 45, 30, 35, 50, 40 de sorte que « a » représente 45 db, « b » représente 30 db, etc... Si les chiffres du carré gréco-latin représentent les numéros de combinés, il est probable que ces combinés ont déjà été numérotés effectivement au hasard (c'est-à-dire qu'ils n'ont pas été numérotés d'une façon systématique, telle que celle qui consisterait à attribuer le numéro le plus bas au combiné le moins efficace et le numéro le plus élevé au combiné le plus efficace).

Si les combinés ont été effectivement numérotés au hasard, il n'est pas nécessaire d'effectuer un brassage supplémentaire des nombres du carré gréco-latin. Ce carré prend alors la forme suivante :

45	30	40	35	50
(1)	(2)	(5)	(3)	(4)
50	40	35	45	30
(2)	(3)	(1)	(4)	(5)
40	45	50	30	35
(4)	(5)	(3)	(1)	(2)
35	50	30	40	45
(5)	(1)	(4)	(2)	(3)
30	35	45	50	40
(3)	(4)	(2)	(5)	(1)

Dans ce carré, les chiffres entre parenthèses représentent les numéros des combinés.

Le carré mis sous cette forme peut être utilisé pour un seul système téléphonique dans l'établissement du programme d'une « expérience ». Pour chaque nouvelle « expérience », il faut répéter complètement la procédure de brassage.

3.1.5 Frais relatif à la détermination (au Laboratoire du C.C.I.F.) des valeurs d'A.E.N. (à l'émission et à la réception) d'un système téléphonique commercial.

Ces frais sont déterminés sur la base du nombre d'heures de travail du Laboratoire du C.C.I.F. ; l'heure de travail de l'équipe (de cinq opérateurs ou opératrices techniques) du Laboratoire du C.C.I.F. est évaluée périodiquement en francs suisses (en ne comptant pas les frais généraux du Laboratoire du C.C.I.F. autres que l'éclairage et le chauffage).

Les nombres d'heures de travail correspondant aux mesures d'A.E.N. d'un système téléphonique commercial sont les suivants :

1. Mesure de l'A.E.N. à l'émission : durée 28 heures.
2. Mesure de l'A.E.N. à la réception : durée 28 heures.
3. Mesure de l'A.E.N. pour un système téléphonique complet : durée 35 heures.

3.1.6 Recommandations aux Administrations ou Exploitations privées pour l'envoi de systèmes téléphoniques commerciaux au Laboratoire du C.C.I.F. en vue de mesures de netteté ou d'équivalents de référence.

Introduction

Les directives contenues dans le *Livre Jaune*, tome IV, remarque page 159, relatives aux expéditions, par les différentes Administrations ou Exploitations privées, des appareils téléphoniques qui doivent être étalonnés ou utilisés dans des séries d'expériences par le Laboratoire du C.C.I.F. ne sont pas suffisamment complètes ; ces directives avaient été établies lorsque le Laboratoire du C.C.I.F. était installé à Paris et quand les mesures effectuées par le Laboratoire étaient principalement des mesures d'équivalents de référence.

Etant donné que le Laboratoire du C.C.I.F. est transféré de Paris à Genève, et qu'il lui est demandé d'effectuer également des mesures d'« affaiblissement équivalent pour la netteté » (A.E.N.) il est nécessaire de donner aux Administrations et Exploitations privées des renseignements complémentaires.

Lors de l'envoi au Laboratoire du C.C.I.F. (par les Administrations ou Exploitations privées) de systèmes téléphoniques commerciaux en vue de procéder à des mesures d'A.E.N., il est demandé à ces Administrations et Exploitations privées de suivre les indications ci-dessous.

1. — *Equipements nécessaires pour effectuer des mesures d'A.E.N.*

Les Administrations et Exploitations privées qui désirent faire mesurer des « A.E.N. » doivent expédier au Laboratoire du C.C.I.F. cinq systèmes téléphoniques commerciaux complets, d'un même type (même type de poste, même type de capsules émettrices et réceptrices) et comprenant les parties constitutives indiquées ci-après.

Quantité	Type de l'organe	Remarques
5	Postes d'abonné	Sans microtéléphone combiné
5	Microtéléphones combinés	
5	Lignes artificielles d'abonné	
5	Maquettes d'alimentation	Tension d'alimentation à indiquer
4	Anneaux de garde	2 pour les mesures d'équivalent de référence et 2 pour les déterminations d'A.E.N. (voir section 3.1.4, § II.1)
1	Jauge pour régler la position des combinés	Voir section 3.1.4, § II.3
	Pièces de rechange	Pour toutes les parties du système

2. — *Présentation des appareils pour des mesures d'A.E.N. ou pour des mesures d'équivalents de référence*

Toutes les parties constitutives d'un système téléphonique doivent être fournies avec leurs cordons et leurs bornes afin de faciliter les connexions et ces connexions doivent être d'un accès facile de façon à simplifier le montage. Il serait intéressant si les organes pouvaient être montés sur des panneaux amovibles. Dans le cas contraire, par exemple, si le poste d'abonné est envoyé sous sa forme commerciale, il serait nécessaire de remplacer les contacts, tels que contacts de cadran d'appel, contacts du crochet commutateur, par des liaisons soudées.

Les combinés doivent être équipés avec une capsule émettrice et une capsule réceptrice ; celles-ci doivent avoir au point de vue de l'impédance et de l'efficacité des valeurs se rapprochant des valeurs moyennes trouvées pour le type d'appareil considéré.

Le cordon du combiné doit avoir une longueur d'environ un mètre et l'extrémité libre de ces conducteurs doit pouvoir être raccordée sous des bornes à vis de trois millimètres de diamètre (identiques aux vis de serrage que l'on trouve dans une fiche téléphonique).

Il est souhaitable, afin de conserver les combinés dans un état convenable et ainsi d'éviter toute détérioration, qu'un coffret de protection des combinés soit fourni.

3. — *Pose des scellés sur les appareils avant leur expédition*

Les Administrations ou Exploitations privées téléphoniques qui le désirent peuvent poser des scellés sur les appareils envoyés au Laboratoire du C.C.I.F. On fait remarquer, toutefois, que les appareils (et particulièrement les combinés) sont soumis à un grand nombre de manipulations et que, d'après l'expérience du Laboratoire du C.C.I.F., de simples cachets de cire sont insuffisants. On obtiendrait un type approprié de scellés en réunissant les parties qui peuvent être séparées, au moyen d'une petite vis dont la tête se trouve au-dessous de la surface externe des appareils. La tête de cette vis est recouverte par un petit cachet de cire (affleurant à la surface externe), empêchant ainsi que cette vis soit enlevée sans qu'on s'en aperçoive.

4. — *Pièces de rechange*

Afin d'éviter un arrêt dans les essais, par suite de la mise hors d'usage d'une pièce quelconque d'un système téléphonique, il serait nécessaire de mettre à la disposition du Laboratoire quelques pièces de rechange, par exemple, condensateurs, résistances entrant dans la constitution d'une ligne d'abonné, etc...

5. — *Dessins*

Afin de permettre le montage et de faciliter la relève des dérangements, un album de dessins donnant la constitution électrique de chaque partie constitutive d'un système téléphonique devrait être adressé au Laboratoire. Il serait utile que l'on indique au Laboratoire le numéro de nomenclature de chaque partie des systèmes téléphoniques, principalement du poste téléphonique d'abonné, de la capsule microphonique, de la capsule réceptrice.

6. — *Emballage des appareils*

Pour protéger les appareils pendant les voyages, il est nécessaire de les placer dans des emballages spéciaux. Il est laissé aux Administrations le soin de choisir la forme d'emballage qui leur conviendra le mieux.

7. — *Manière d'effectuer les expéditions d'appareils devant faire l'objet de mesures d'A.E.N. ou de mesures d'équivalents de référence*

Pour tout envoi d'appareil au Laboratoire du C.C.I.F., il sera bon de se conformer aux indications suivantes :

7.1 *a)* Choisir dans la ville de départ, un transitaire ayant un correspondant à Genève. Une liste de transitaires susceptibles de se charger des opérations de douane est fournie sur demande par le Secrétariat du C.C.I.F., Maison des Congrès, place Chateaubriand, Genève.

b) Apposer sur chaque colis une étiquette portant les indications suivantes :

« X... (nom du transitaire de Genève), Genève, Appareils à livrer au Laboratoire du C.C.I.F., Maison des Congrès, place Chateaubriand, Genève. Pour retour à l'expéditeur après étalonnage par le Laboratoire ».

c) Faire l'expédition en grande vitesse, port payé, en transit international sur Genève, à l'adresse de Monsieur le Directeur de C.C.I.F., Maison des Congrès, place Chateaubriand, Genève, et régler, dans la ville de départ (pays de l'Administration ou Exploitation privée intéressée) tous les frais d'expédition jusqu'au Laboratoire du C.C.I.F., y compris les dépenses faites par le transitaire correspondant à Genève.

Avant l'expédition, un avis sera envoyé au Secrétariat du C.C.I.F. indiquant les nom et adresse du transitaire correspondant de Genève, la description détaillée des appareils expédiés et la déclaration de leur valeur exacte, afin que le C.C.I.F. puisse remettre au transitaire correspondant de Genève une attestation pour l'entrée des appareils en Suisse avec franchise de douane. Il y aura lieu, en particulier, d'indiquer dans la description des appareils si certaines parties de ces appareils sont en métaux précieux et de donner toutes les indications requises par les divers services des douanes.

Les appareils seront renvoyés, après étalonnage, par le Laboratoire du C.C.I.F. dans les boîtes d'emballage appartenant à l'Administration ou Exploitation privée intéressée ; à cet effet, ils seront remis au transitaire correspondant de Genève qui les prendra au Laboratoire du C.C.I.F. et se chargera de l'expédition depuis le Laboratoire jusqu'à la ville d'origine.

L'Administration ou Exploitation privée intéressée paiera, dans la ville d'arrivée (pays de cette Administration ou Exploitation privée) tous les frais de réexpédition, en port dû, des appareils étalonnés, y compris les dépenses faites par le transitaire correspondant de Genève.

7.2 Quant les appareils seront transportés comme bagage à main, le convoyeur devra éviter tout ce qui serait susceptible de faire varier l'efficacité des appareils tels que des chocs violents, le séjour prolongé des boîtes près des canalisations de chauffage des wagons, etc...

Le convoyeur pourra apporter avec lui la description détaillée des appareils prévus ci-dessus. A l'arrivée à Genève, il laissera contre reçu les appareils au service des douanes, où ils seront retirés par les soins du Laboratoire du C.C.I.F., en vertu de l'autorisation générale donnée par les Autorités suisses au Directeur du C.C.I.F.

7.3 Lorsque l'encombrement et le poids des appareils qui sont destinés au Laboratoire ne dépassent pas les limites admises par le service postal, les Administrations ou Exploitations privées pourront utiliser ce moyen, l'expédition étant faite en port payé (y compris la livraison dans les locaux du Laboratoire du C.C.I.F.). Dans ce cas, un inventaire exact des appareils contenus dans les colis sera adressé au Laboratoire du C.C.I.F. qui remettra l'attestation nécessaire au service des douanes.

3.2 APPAREILS DE MESURES OBJECTIVES

3.2.1 Voix artificielles. Bouches artificielles. Oreilles artificielles.

Bien que les expériences tendant à remplacer la bouche humaine dans les mesures téléphonométriques, par exemple par des disques de phonographe associés à un récepteur téléphonique haut-parleur ou par un récepteur téléphonique haut-

parleur alimenté par un mélange de fréquences, n'aient pas encore permis de mettre au point un type international déterminé de dispositif mécanique permettant en toute sécurité de remplacer la bouche humaine, et bien que, jusqu'à nouvel ordre, on considère comme essentiel que toutes les mesures téléphonométriques auxquelles il est procédé au Laboratoire du C.C.I.F. continuent à être effectuées avec la bouche et l'oreille humaines, il est cependant désirable de rechercher un appareil pour les mesures téléphonométriques, conçu de telle manière qu'à l'avenir toutes ces mesures puissent être effectuées par cet appareil sans recourir à la bouche et à l'oreille humaines.

Afin de guider les Administrations et Exploitations privées dans cette recherche, on a indiqué, dans la bibliographie ci-après, les articles originaux relatifs au problème de l'oreille artificielle.

En attendant, il va de soi que les Administrations et Exploitations privées téléphoniques pourront éventuellement utiliser, si elles le désirent, les dispositifs qu'elles auraient pu réaliser pour procéder aux essais en grande série des appareils téléphoniques livrés par les constructeurs, à condition que les résultats obtenus avec ces dispositifs concordent d'une manière satisfaisante avec les résultats obtenus en appliquant la méthode de mesure avec la bouche et l'oreille humaines.

Remarque 1. — L'Assemblée Plénière de København 1936 a estimé qu'il y a intérêt à avoir des expressions distinctes pour désigner une source artificielle de sons vocaux (paroles enregistrées sur disque phonographique ou mélange de sons purs sinusoïdaux agissant d'une manière semblable à la voix humaine) d'une part, et un appareil destiné à produire un champ acoustique déterminé remplissant certaines conditions spécifiées et reproduisant artificiellement une bouche humaine, d'autre part. Il convient d'utiliser le terme « voix artificielle » dans le premier cas et le terme « bouche artificielle » dans le deuxième cas.

Remarque 2. — En attendant que l'Organisation internationale de normalisation ou la Commission électrotechnique internationale normalise une oreille artificielle d'un emploi général, la XVII[e] Assemblée Plénière du C.C.I.F. (Genève 1954) a recommandé d'adopter provisoirement une « oreille artificielle de référence » qui sera utilisée par les Administrations et Exploitations privées téléphoniques participant aux travaux du C.C.I.F., ainsi que par le Laboratoire du C.C.I.F. Les dimensions du coupleur constituant cette « oreille artificielle de référence » sont indiquées dans l'Appendice ci-après.

Remarque 3. — La question générale des voix, bouches et oreilles artificielles est toujours à l'étude au sein du C.C.I.F.

Remarque 4. — Les Annexes 7 à 10 du *Livre d'annexes* au tome IV du *Livre Vert* décrivent, à titre d'information, les bouches et oreilles artificielles utilisées par les Administrations de France, de la République fédérale d'Allemagne et du Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord.

BIBLIOGRAPHIE

H. WEBER. — Telephonometrie. *Technische Mitt.* n° 1 (1946).

H. WEBER. — Beitrag zum Aufbau des Orthotelephonischen Übertragungssystems. *Technische Mitt,* n° 4 (1946).

I. BARDUCCI. — Ricerche sperimentali sull'orecchio artificiale. *A.F.* (1947), p. 132.

J. L. GLASER, K. C. MORRICAL. — Comparison of artificial ear couplers. *J.A.S.A.* (1948), p. 771.

I. BARDUCCI. — Curve du risposta di alcuni ricevitori telefonici ottenute mediante l'orecchio artificiale. *La Ric. Scient.* (1949), p. 689.

I. BARDUCCI. — Confronto fra gli orecchi artificiali adoperati al Post Office e all'Istituto Nazionale di Ultracustica. *La Ric. Scient.* (1949), p. 1312.

*** — Proposed american standard method for the coupler calibration of earphones. *Am. Stand. Ass. Z.* (20.4.1949).

P. CHAVASSE. — L'oreille artificielle du Centre national d'études des télécommunications. *Comptes rendus Acad. Sci.* (1950), p. 1390.

C.C.I.F. — 1950-1951 — 4me C.E. — Document nº 13, p. 74.

Rapport nº 21. — 100 du 6.9.1950 du Laboratoire de recherches et d'essais de la Direction générale des P.T.T., Suisse.

I. BARDUCCI. — Contribution au problème de l'oreille artificielle pour l'étalonnage des récepteurs téléphoniques. *Ann. des Téléc.* (Juin 1951), page 165.

APPENDICE

L'oreille artificielle de référence provisoire recommandée par le C.C.I.F.

Jusqu'à ce qu'une oreille artificielle normalisée soit adoptée, sur le plan général, le C.C.I.F. recommande d'utiliser une « oreille artificielle de référence » provisoire.

Le but de cette décision est simplement de permettre une comparaison entre les résultats des mesures objectives faites sur des récepteurs téléphoniques au Laboratoire du C.C.I.F. et dans les Laboratoires nationaux. Etant donné qu'il s'agit d'une décision provisoire, le plus simple est de prendre comme oreille artificielle de référence celle qui présente la construction la plus simple, tout en ayant fait l'objet d'une spécification détaillée ; l'on a choisi l'oreille artificielle utilisée aux Etats-Unis d'Amérique et dans bien d'autres pays du monde par les Administrations téléphoniques et par les constructeurs. Il est toutefois signalé qu'on doit prendre certaines précautions quand il s'agit d'appliquer sur cette oreille des récepteurs téléphoniques dont le pavillon est très petit.

Les dimensions exactes de l'oreille artificielle de référence utilisée au Laboratoire du C.C.I.F. sont définies par la figure 27, sur laquelle on n'a pas indiqué la pente des parties inclinées sur lesquelles s'appuie le pavillon des récepteurs téléphoniques mesurés. Les Administrations qui le désireraient peuvent, sans inconvénient, modifier cette pente pour assurer une meilleure adaptation, sur cette oreille artificielle, du récepteur qu'elles utilisent. Bien entendu, toutes les dimensions qui caractérisent le volume d'air compris entre l'oreille artificielle proprement dite et le plan de séparation avec le récepteur téléphonique ayant été fixées, le volume total compris entre l'oreille artificielle proprement dite et le pavillon du récepteur varie selon le type de récepteur utilisé et n'est pas maintenu à la valeur constante de 6 cm^3 prévue dans la norme américaine Z.24.9.1949. A titre d'information, on a reproduit dans l'Annexe 6 du *Livre d'annexes* au tome IV du *Livre Vert*, les passages de cette norme qui ne sont pas en contradiction avec la définition de l'oreille artificielle de référence utilisée par le C.C.I.F.

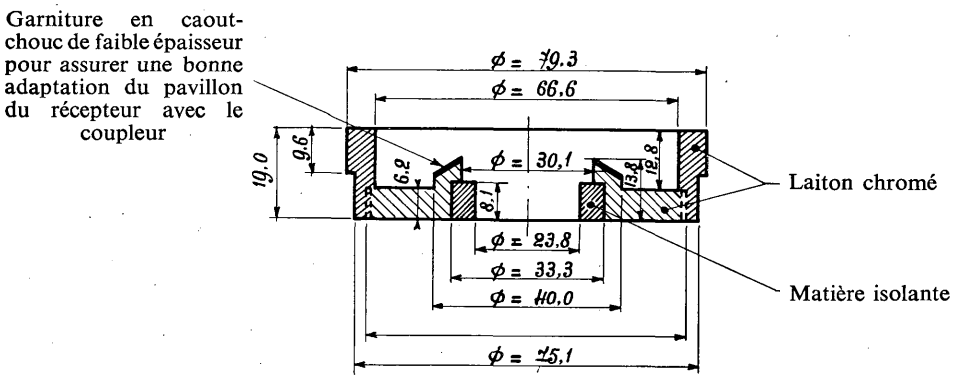


FIGURE 27. — *Oreille artificielle de référence du C.C.I.F.*

Note. — Toutes les dimensions sont exprimées en millimètres.

3.2.2 Volumètres

Le C.C.I.F. estime, qu'afin d'assurer la continuité avec la pratique antérieure, il n'est pas désirable de modifier la spécification du « Volume Indicator » faisant partie du S.F.E.R.T., ni du volumètre de l'A.R.A.E.N. employés au Laboratoire du C.C.I.F.

En outre, d'autres appareils couramment utilisés dans la pratique sont décrits dans les Annexes 13, 14, 15 du *Livre d'annexes*, tome IV du *Livre Vert*. Le tableau ci-après donne les caractéristiques principales de divers appareils de mesure utilisés pour la surveillance du volume ou des crêtes au cours de conversations téléphoniques ou de transmissions radiophoniques.

Remarque. — On trouvera dans les annexes 11 à 15 du *Livre d'annexes* au tome IV du *Livre Vert* les descriptions des appareils suivants :

1. (Volume Indicator) — Indicateur de volume du S.F.E.R.T.
2. Volumètre de l'A.R.A.E.N. ou « Volumètre vocal » (Speech voltmeter)
3. Volumètre normalisé aux Etats-Unis d'Amérique, appelé « v.u. mètre »
4. Modulomètre utilisé par la British Broadcasting Corporation
5. Indicateur d'amplitude maximum du type U21 utilisé dans la République Fédérale d'Allemagne.

Essais comparatifs de divers types de volumètres

Une note qui figure aux pages 270 à 293 du tome IV du *Livre Blanc* du C.C.I.F. (Budapest 1934) donne quelques indications sur les résultats d'essais préliminaires effectués au Laboratoire du S.F.E.R.T. pour comparer le Volume Indicator à différents indicateurs d'impulsions.

Les résultats d'essais comparatifs effectués en 1952 par l'Administration britannique figurent dans l'Annexe 16 du *Livre d'annexes* au tome IV du *Livre Vert*.

TABLEAU

Caractéristiques principales de divers appareils de mesure utilisés pour la surveillance du volume ou des crêtes au cours de conversations téléphoniques ou de transmissions radiophoniques

Type de l'appareil	Caractéristique du redresseur *(note 1)*	Durée d'établissement pour 99% de la déviation finale (millisecondes)	Durée d'intégration (millisecondes) *(note 2)*	Durée de retour au zéro (valeur et définition)
« Voltmètre vocal » britannique du type 3 (S.V.3) identique au volumètre de l'A.R.A.E.N.	2	230	110 (approx.)	Egale à la durée d'intégration
v.u. mètre (Etats-Unis d'Amérique)	1,0 à 1,4	300	165 (approx.)	Egale à la durée d'intégration
Volumètre du type « Volume indicator » S.F.E.R.T.-C.C.I.F.	2	environ 400 à 650	200	Egale à la durée d'intégration
Indicateur de crête pour transmissions radiophoniques utilisé par la British Broadcasting Corporation (B.B.C. Peak Programme Meter)	1	environ 12	4	3 secondes pour que l'indication diminue de 26 db
Indicateur d'amplitude maximum utilisé dans la République fédérale d'Allemagne (type U21)	1	environ 80	5 (approx.)	1 ou 2 secondes de 100% à 10% de la déviation en régime permanent

Note 1. — Le nombre qui figure dans cette colonne est l'exposant de n dans la formule $[V_{(\text{sortie})} = V^{n}_{(\text{entrée})}]$ applicable pour chaque demi-alternance.

Note 2. — La « durée d'intégration » a été définie par le C.C.I.F. comme la « période minimum pendant lequelle une tension alternative sinusoïdale doit être appliquée aux bornes de l'appareil pour que l'aiguille de l'instrument de mesure atteigne, à 0,2 néper ou 2 db près, la déviation que l'on aurait dans le cas où la même tension serait appliquée indéfiniment ». Un écart logarithmique de 2 db correspond d'ailleurs à un pourcentage de 79,5% et un écart de 0,2 néper à un pourcentage de 82%.

3.2.3 Psophomètre (Appareils pour la mesure objective des bruits de circuit)

A. Psophomètre pour circuits téléphoniques commerciaux

Le Comité Consultatif International Téléphonique,

Considérant

Que, depuis que le psophomètre pour circuits téléphoniques commerciaux a été spécifié (*Directives concernant la protection des lignes de télécommunication contre les actions nuisibles des lignes électriques industrielles*, Edition de Roma 1937, révisée à Oslo 1938), des progrès considérables ont été faits dans la construction des appareils téléphoniques d'abonné, notamment en ce qui concerne l'uniformité de l'efficacité en fonction de la fréquence,

Que le « Joint Subcommittee on development and research of the Edison Electric Institute and the Bell Telephone System » (*Engineering report* nº 45 *) a procédé à de nombreux essais pour tracer la courbe à prescrire pour le réseau filtrant du psophomètre afin de tenir compte des qualités améliorées dex appareils téléphoniques d'abonné,

Que de nombreuses expériences et mesures faites au cours des dernières années ont montré que les qualités électro-acoustiques des appareils téléphoniques d'abonné utilisés en Europe sont très semblables à celles des appareils américains et que, par suite, il n'y a pas lieu de recommencer en Europe des essais semblables aux essais précités du Joint Subcommittee,

Emet, à l'unanimité, l'avis

Que les poids attribués aux diverses fréquences dans le réseau filtrant du psophomètre utilisé pour les mesures faites aux bornes d'un circuit interurbain du service téléphonique commercial doivent être ceux du tableau ci-après (voir également la courbe de la figure 28, page 122) ; seules les valeurs soulignées dans ce tableau doivent être considérées comme spécifiant le réseau filtrant du psophomètre et peuvent être prises en considération pour les essais de vérification de l'appareil ; les autres valeurs, obtenues par interpolation, sont données pour faciliter les calculs éventuels.

Par convention, les valeurs numériques sont déterminées en attribuant à la fréquence 800 Hz la valeur 1 000. Les expressions logarithmiques des poids sont déterminées en attribuant à la fréquence 800 Hz la valeur correspondant à 0 néper ou 0 décibel.

---

* La traduction en français de ce rapport a fait l'objet du document « C.C.I.F. — 1947/1948 — 1º C.R. — Document nº 2 ».

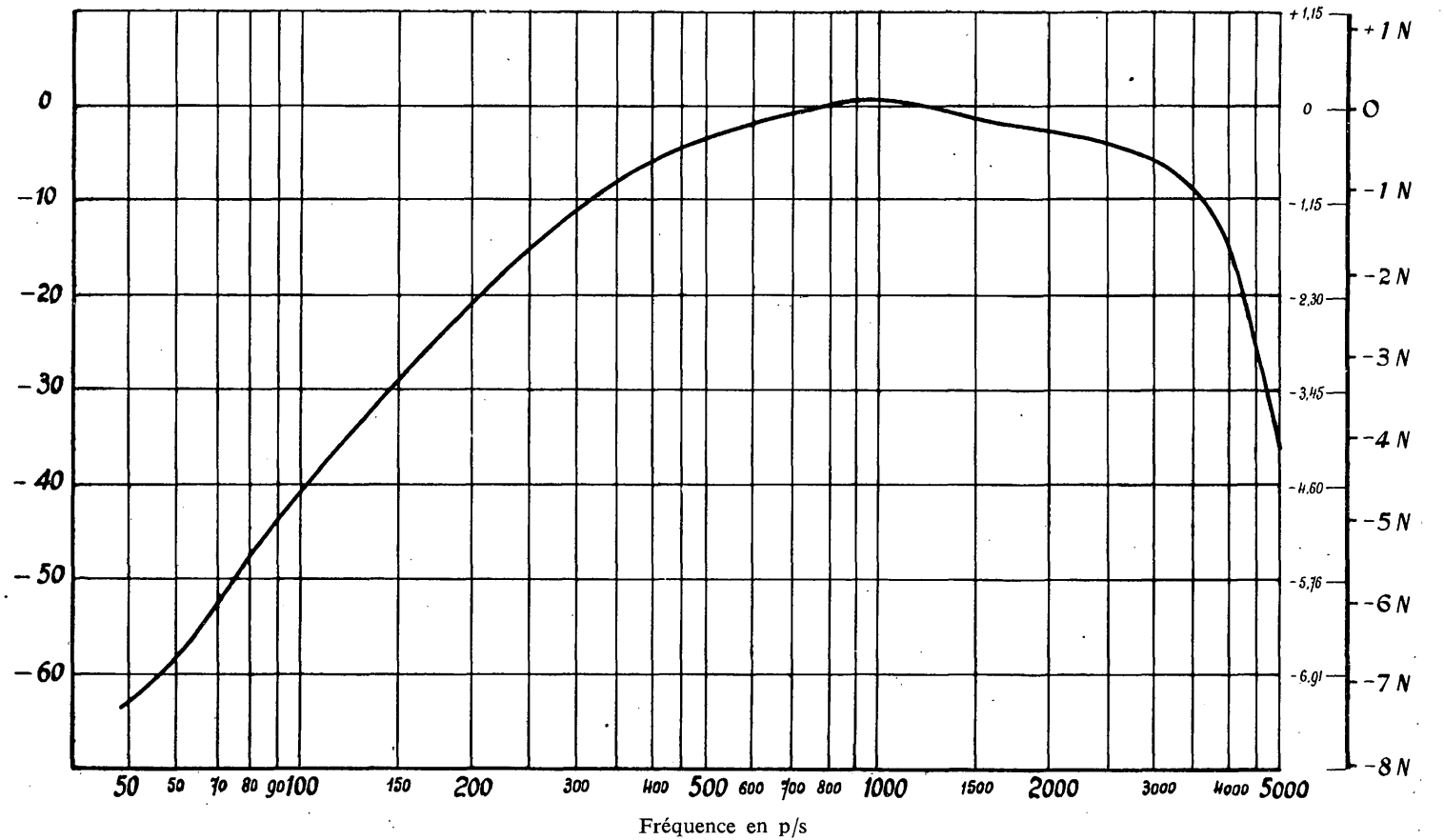


FIGURE 28. — *Courbe caractéristique du réseau filtrant du psophomètre utilisé pour les mesures faites aux bornes d'un circuit interurbain du service téléphonique commercial*

Tableau des poids du psophomètre pour circuits téléphoniques commerciaux

Fréquences Hz	Poids			
	Valeurs numériques	Carré des valeurs numériques	Valeurs en décibels	Valeurs en népers
16,66	0,056	0,003136	−85,0	−9,79
50	0,71	0,5041	−63,0	−7,25
100	8,91	79,3881	−41,0	−4,72
150	35,5	1 260,25	−29,0	−3,34
200	89,1	7 938,81	−21,0	−2,42
250	178	31 684	−15,0	−1,73
300	295	87 025	−10,6	−1,22
350	376	141 376	− 8,5	−0,98
400	484	234 256	− 6,3	−0,73
450	582	338 724	− 4,7	−0,54
500	661	436 921	− 3,6	−0,41
550	733	537 289	− 2,7	−0,31
600	794	630 436	− 2,0	−0,23
650	851	724 201	− 1,4	−0,16
700	902	813 604	− 0,9	−0,10
750	955	912 025	− 0,4	−0,046
800	1 000	1 000 000	0,0	0,000
850	1 035	1 071 225	+ 0,3	+0,034
900	1 072	1 149 184	+ 0,6	+0,069
950	1 109	1 229 881	+ 0,9	+0,103
1 000	1 122	1 258 884	+ 1,0	+0,115
1 050	1 109	1 229 881	+ 0,9	+0,103
1 100	1 072	1 149 184	+ 0,6	+0,069
1 150	1 035	1 071 225	+ 0,3	+0,034
1 200	1 000	1 000 000	0,0	0,000
1 250	977	954 529	− 0,20	−0,023
1 300	955	912 025	− 0,40	−0,046
1 350	928	861 184	− 0,65	−0,075
1 400	905	819 025	− 0,87	−0,100
1 450	881	776 161	− 1,10	−0,126
1 500	861	741 321	− 1,30	−0,150
1 550	842	708 964	− 1,49	−0,172
1 600	824	678 976	− 1,68	−0,193
1 650	807	651 249	− 1,86	−0,214
1 700	791	625 681	− 2,04	−0,234
1 750	775	600 625	− 2,22	−0,255
1 800	760	577 600	− 2,39	−0,275
1 850	745	555 025	− 2,56	−0,295
1 900	732	535 824	− 2,71	−0,311
1 950	720	518 400	− 2,86	−0,329
2 000	708	501 264	− 3,00	−0,345
2 050	698	487 204	− 3,12	−0,359
2 100	689	474 721	− 3,24	−0,373
2 150	679	461 041	− 3,36	−0,386
2 200	670	448 900	− 3,48	−0,400
2 250	661	436 921	− 3,60	−0,414
2 300	652	425 104	− 3,72	−0,428
2 350	643	413 449	− 3,84	−0,442
2 400	634	401 956	− 3,96	−0,456

Tableau des poids du psophomètre pour circuits téléphoniques commerciaux (suite)

Fréquences Hz	Poids			
	Valeurs numériques	Carré des valeurs numériques	Valeurs en décibels	Valeurs en népers
2 450	626	390 625	— 4,08	—0,470
2 500	617	380 689	— 4,20	—0,484
2 550	607	368 449	— 4,33	—0,499
2 600	598	357 604	— 4,46	—0,513
2 650	590	348 100	— 4,59	—0,528
2 700	580	336 400	— 4,73	—0,544
2 750	571	326 041	— 4,87	—0,560
2 800	562	315 844	— 5,01	—0,576
2 850	553	305 809	— 5,15	—0,593
2 900	543	294 849	— 5,30	—0,610
2 950	534	285 156	— 5,45	—0,627
3 000	525	275 625	— 5,60	—0,645
3 100	501	251 001	— 6,00	—0,691
3 200	473	223 729	— 6,50	—0,748
3 300	444	197 136	— 7,05	—0,812
3 400	412	169 744	— 7,70	—0,886
3 500	376	141 376	— 8,5	—0,979
3 600	335	112 225	— 9,5	—1,09
3 700	292	85 264	—10,7	—1,23
3 800	251	63 001	—12,0	—1,38
3 900	214	45 796	—13,4	—1,54
4 000	178	31 684	—15,0	—1,73
4 100	144,5	20 880,25	—16,8	—1,93
4 200	116,0	13 456	—18,7	—2,15
4 300	92,3	8 519,29	—20,7	—2,38
4 400	72,4	5 241,76	—22,8	—2,62
4 500	56,2	3 158,44	—25,0	—2,88
4 600	43,7	1 909,69	—27,2	—3,13
4 700	33,9	1 149,21	—29,4	—3,38
4 800	26,3	691,69	—31,6	—3,64
4 900	20,4	416,16	—33,8	—3,89
5 000	15,9	252,81	—36,0	—4,14
> 5 000	< 15,9	< 252,81	< —36,0	< —4,14

Remarque 1. — Si pour l'établissement de certains systèmes de transmission téléphonique on doit faire des calculs à partir des valeurs des poids psophométriques, et qu'il paraisse alors utile d'adopter pour les fréquences supérieures à 5 000 Hz des valeurs plus précises que celles du tableau précédent, on pourra adopter les valeurs suivantes :

5 000 à 6 000	< 15,9	< 252,81	< —36,0	< —4,14
> 6 000	< 7,1	< 50,41	< —43,0	< —4,95

Tolérances admissibles.

Les tolérances admissibles sont :

50 à 300 Hz	±2 décibels ou	±0,23 néper
300 à 800 Hz	±1 décibel ou	±0,12 néper
à 800 Hz	±0 décibel ou	±0 néper
800 à 3 000 Hz	±1 décibel ou	±0,12 néper
3 000 à 3 500 Hz	±2 décibels ou	±0,23 néper
3 500 à 5 000 Hz	±3 décibels ou	±0,35 néper

Remarque 2. — Au cours de sa XVI[e] Assemblée plénière (Firenze 1951), le C.C.I.F. a estimé qu'il était extrêmement désirable de ne plus apporter de modifications au tableau des poids et à la spécification du psophomètre, pendant une période aussi longue que possible, par exemple de dix ans.

Mesures aux bornes du récepteur téléphonique d'abonné. — Le psophomètre qui a été normalisé par la XVI[e] Assemblée plénière du C.C.I.F. pour la mesure des bruits de circuit relativement stables comprend, pour l'emploi de ce psophomètre à l'extrémité d'un circuit téléphonique international (voir ci-dessus), un réseau filtrant qui tient compte des caractéristiques de fonctionnement d'un type assez moderne de poste téléphonique utilisé aux Etats-Unis d'Amérique et également des caractéristiques moyennes du réseau téléphonique national des Etats-Unis d'Amérique. Dans la pratique américaine, pour employer ce psophomètre aux bornes du récepteur téléphonique, on l'adapte à cet usage en supprimant la partie du réseau filtrant qui tient compte des caractéristiques des circuits téléphoniques commerciaux. Il ne semble pas essentiel d'avoir recours à une telle modification en Europe, puisque les caractéristiques de fonctionnement des postes téléphoniques employés en Europe sont très variées. Le choix d'une caractéristique unique pour le réseau filtrant, qui résulterait d'une modification de cette sorte, serait probablement aussi arbitraire que celui qui consisterait à employer, sans modification, pour des mesures aux bornes du récepteur téléphonique, le psophomètre avec le réseau filtrant spécifié par la XVI[e] Assemblée plénière du C.C.I.F. pour les mesures aux bornes d'un circuit interurbain du service téléphonique commercial (voir ci-dessus).

Quand on a seulement besoin de mesures comparatives, on peut très bien employer sans modification le psophomètre spécifié par la XVI[e] Assemblée plénière du C.C.I.F., comme un voltmètre dont les caractéristiques ont été fixées arbitrairement, pour effectuer des mesures aux bornes du récepteur téléphonique d'abonné.

Pour des études de caractère fondamental, les Administrations peuvent très bien être désireuses d'employer des réseaux filtrants spécialement choisis de façon à être appropriés aux études considérées.

Clauses essentielles d'un cahier des charges-types pour la fourniture d'un psophomètre pour circuits téléphoniques commerciaux

LE COMITÉ CONSULTATIF INTERNATIONAL TÉLÉPHONIQUE,

Considérant d'une part,

Que l'établissement d'un psophomètre pour circuits téléphoniques commerciaux permettant de faire des mesures aux fréquences inférieures à 40 Hz, et

notamment 16,66 Hz, présenterait des difficultés de construction et conduirait à un appareil lourd et encombrant,

Que les cas d'emploi de l'appareil à ces fréquences seraient relativement restreints,

Que, lorsqu'on rencontre ces fréquences, il semble possible d'utiliser l'appareil en lui adjoignant un réseau correcteur approprié ;

Considérant d'autre part,

Que les clauses essentielles provisoires d'un cahier des charges pour la fourniture d'un psophomètre pour circuits téléphoniques commerciaux (voir Avis nº 6, *Livre Jaune*, tome II) paraissent insuffisamment détaillées en ce qui concerne la mesure des tensions présentant des pointes,

Qu'il paraît intéressant de prévoir un essai de vérification à cet égard,

Que, toutefois, en raison de la diversité des modes de réalisation des psophomètres, il ne paraît pas possible de recommander des clauses uniformes de vérification, mais qu'il apparaît utile d'attirer l'attention sur ce point,

Emet, à l'unanimité, l'avis

Qu'il est recommandable que les psophomètres pour circuits téléphoniques commerciaux répondent aux conditions suivantes * :

1. *Graduation.* — Le psophomètre doit être gradué de telle façon que, pour chacune des sensibilités, il donne par lecture directe (ou éventuellement après multiplication par un facteur caractérisant la sensibilité) la valeur exacte de la tension, quand on applique à l'entrée du psophomètre une tension à 800 Hz.

2. *Sensibilité.* — Le psophomètre doit permettre de faire une lecture nette dès qu'on applique à ses bornes d'entrée une tension à 800 Hz au moins égale à 0,05 millivolt. Il doit également permettre la lecture directe des tensions au moins jusqu'à 100 millivolts à la fréquence 800 Hz sans utilisation de dispositifs potentiométriques extérieurs.

3. *Mesures.* — Dans tout l'intervalle de mesure et dans toutes les conditions d'emploi de l'appareil, pour chacune des sensibilités et pour chacune des fréquences appliquée séparément, les valeurs lues doivent être égales au produit de la tension appliquée par le poids affecté à cette fréquence, divisé par 1000.

Lorsque la tension appliquée comprend un certain nombre de composantes de fréquences différentes, la lecture faite sur l'instrument indicateur doit être égale à la racine carrée de la somme des carrés des lectures correspondant au composantes individuelles appliquées séparément.

Pour vérifier que cette condition est satisfaite, on peut utiliser, par exemple, le procédé suivant. On applique successivement deux tensions sinusoïdales de fréquences bien distinctes, non en relation harmonique entre elles et donnant la même déviation de l'aiguille de l'instrument indicateur ; on applique ensuite la résultante de ces deux tensions au moyen d'un dispositif permettant de les affaiblir

---

* *Remarque.* — Au cours de sa XVIe Assemblée plénière, Firenze 1951, le C.C.I.F. a estimé qu'il était extrêmement désirable de ne plus apporter de modifications à la spécification du psophomètre, pendant une période aussi longue que possible, par exemple de dix ans.

également et réglé de manière à retrouver la même déviation que précédemment. L'affaiblissement ainsi introduit doit être égal à 3 décibels ou 0,35 néper avec une tolérance de $\pm 0,5$ décibel ou $\pm 0,05$ néper.

L'essai pourra être fait en utilisant diverses paires de fréquences, les unes voisines, les autres éloignées les unes des autres. Il pourra être répété pour diverses déviations de l'aiguille du psophomètre.

4. *Linéarité.* — Lorsque l'onde périodique de tension appliquée comporte des pointes telles que la valeur de crête est de beaucoup supérieure à la valeur efficace, la mesure de la tension pondérée correspondante doit être exempte, autant que possible, d'erreur causée par une surcharge de l'amplificateur ou d'autres organes. On peut vérifier que cette cause d'erreur est éliminée, par une des méthodes suivantes, indiquées à titre d'exemple.

Première méthode. — On applique au psophomètre une tension dont la fréquence est de l'ordre de 2000 Hz pendant des intervalles de 5 ms séparés les uns des autres par des intervalles de silence de 20 ms. Quand on fait décroître la tension appliquée, à partir de celle qui correspond à la plus grande valeur susceptible d'être mesurée par l'appareil, les lectures faites doivent être proportionnelles à la tension appliquée, avec une tolérance de $\pm 5\%$ (soit $\pm 0,5$ décibel ou $\pm 0,05$ néper).

Deuxième méthode. — L'Administration britannique des téléphones a adopté la règle suivante :

Le psophomètre comprend un instrument indicateur pour courant continu, précédé d'un redresseur à caractéristique quadratique. La graduation de l'instrument est établie de manière que la condition 1 soit satisfaite.

Pour une tension sinusoïdale de fréquence donnée et pour un réglage fixe des dispositifs de commande du gain, le courant de commande de l'instrument indicateur doit être proportionnel au carré de la tension appliquée au psophomètre pour des valeurs de cette tension comprises entre 0,4 et 2,5 fois la valeur nécessaire pour produire une déviation correspondant au maximum de l'échelle graduée, avec une tolérance de $\pm 10\%$, ce qui correspond à une erreur de lecture d'environ $\pm 5\%$ (soit $\pm 0,5$ décibel ou $\pm 0,05$ néper).

On adopte la méthode de vérification suivante : on insère entre le redresseur et l'instrument indicateur un réseau tel qu'une fraction connue du courant redressé traverse cet instrument, tandis que l'impédance présentée au redresseur reste égale à celle qui lui est présentée par l'instrument undicateur quand celui-ci lui est directement connecté. Par ce moyen, on peut ramener la déviation à une valeur inférieure ou égale au maximum de l'échelle graduée et, alors, vérifier que la condition imposée est satisfaite.

Troisième méthode. — Un autre essai reconnu convenable dans le cas d'un psophomètre comportant un instrument indicateur à courant continu, précédé d'un redresseur à caractéristique quadratique, consiste à effectuer l'essai décrit en 3, et comportant l'application d'une tension ayant deux composantes sinusoïdales, avec des valeurs égales à 0,4 ; 1 ; 1,5 ; 2 et 2,5 fois celle qui correspond à la déviation totale de l'instrument indicateur. On ramène la déviation à une valeur égale ou inférieure au maximum de l'échelle graduée en utilisant un réseau de réduction analogue à celui dont il a été question dans l'exposé de la deuxième méthode.

5. *Caractéristique dynamique.* — La caractéristique dynamique du psophomètre devra être telle qu'un bruit dont la durée est de l'ordre de 0,15 à 0,25 seconde produise la même déviation qu'un bruit continu, tandis que des bruits de plus courte durée produiront des déviations proportionnellement plus petites. Cette durée est celle qui semble nécessaire pour que le bruit soit entièrement entendu.

6. *Impédance d'entrée.* — L'impédance d'entrée du psophomètre doit être aussi grande que possible dans toute la bande des fréquences de 15 à 5000 Hz. En particulier, dans la bande des fréquences de 40 à 5000 Hz, elle doit être au moins égale à 6000 ohms.

L'impédance existant entre les deux bornes d'entrée reliées entre elles et la masse du psophomètre doit être aussi élevée que possible à toutes les fréquences comprises entre 15 et 5000 Hz. En particulier, pour la fréquence de 800 Hz, elle doit être supérieure à 200 000 ohms.

7. *Symétrie.* — La symétrie du psophomètre par rapport à la masse devrait être telle que l'application entre le point milieu d'une résistance de 600 ohms branchée aux bornes d'entrée et la masse (figure 29) d'une tension de 200 volts à 50 Hz ou d'une tension de 30 volts à 300 Hz ou d'une tension de 10 volts à 800 Hz ne donne pas une lecture supérieure à 0,1 millivolt.

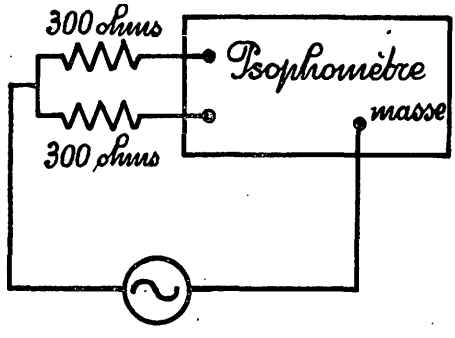


FIGURE 29

8. *Indifférence aux champs extérieurs.* — L'appareil doit être indifférent à l'égard des champs extérieurs magnétique et électrique, même quand on l'utilise au voisinage d'une installation industrielle. A cet égard, il faut noter que les champs extérieurs pourraient exercer leur action à l'intérieur de l'appareil, soit en aval, soit en amont du réducteur de tension (potentiomètre), et que par suite, suivant le cas, les effets de ces champs dépendent ou ne dépendent pas de la position du réducteur de tension.

Le psophomètre doit être blindé ainsi que les caisses contenant les sources d'alimentation ; les diverses connexions extérieures doivent être réalisées avec des conducteurs câblés et cuirassés. Il est désirable de prévoir des bornes pour mettre à la terre toutes les parties de l'appareil et leurs caisses pendant l'utilisation du psophomètre.

Remarque. — A titre d'exemple, l'Administration britannique des téléphones effectue les essais suivants :

a) On produit un champ magnétique de 0,01 oersted (champ alternatif de 300 Hz) au moyen d'une bobine carrée dont les dimensions sont :

— côté du noyau, 40 pouces (101 cm) ;

— section transversale au plus égale à 1 pouce carré (environ 6,5 cm^2) comportant n spires et parcourue par un courant d'intensité I ampère tel que $nI = 0{,}84$. On place le psophomètre à essayer au centre de cette

bobine et on règle sa sensibilité à la valeur pour laquelle on a la déviation maximum de l'aiguille de l'instrument de mesure pour une tension appliquée de 0,2 millivolt. Dans ces conditions, le champ magnétique ne doit pas produire une déviation supérieure à 0,04 millivolt.

b) On donne ensuite au champ magnétique une valeur de 0,05 oersted, ce qui correspond à $nI = 4{,}2$. Dans ces conditions, pour toute sensibilité du psophomètre autre que celle mentionnée sous *a)*, l'aiguille de l'instrument de mesure ne doit pas pouvoir atteindre la déviation maximum.

9. *Réglage.* — Quand l'amplificateur n'est pas suffisamment stable, on doit prévoir un dispositif de réglage approprié, afin de maintenir le gain de l'amplificateur à la valeur voulue avec une erreur inférieure à $\pm 5\,\%$.

10. *Réalisation pratique.* — Aucun inconvénient ne doit être éprouvé dans la pratique sous l'effet de vibrations mécaniques.

Les caractéristiques du psophomètre doivent être aussi stables que possible dans les conditions pratiques d'emploi, c'est-à-dire en dépit du transport, des variations de température, etc.

L'appareil doit être transportable et son poids aussi réduit que le permettent les conditions indiquées ci-dessus.

B. Psophomètre utilisé sur les circuits pour transmissions radiophoniques

La constitution générale, ainsi que les caractéristiques principales indiquées ci-dessus pour le psophomètre utilisé sur les circuits téléphoniques commerciaux, sont valables également pour le psophomètre utilisé sur les circuits pour trans-

Tableau 2

Spécification de la courbe caractéristique du réseau filtrant du psophomètre utilisé sur un circuit pour transmissions radiophoniques

(Voir la courbe de la figure 30, page 130)

Fréquence (en Hz)	Poids	
	en népers	en décibels
60	−3,70	−32,2
100	−3,00	−26,1
200	−2,00	−17,3
400	−1,01	− 8,8
800	−0,22	− 1,9
1 000	0	0
2 000	+0,61	+ 5,3
4 000	+0,94	+ 8,2
5 000	+0,97	+ 8,4
6 000	+0,94	+ 8,2
7 000	+0,84	+ 7,3
8 000	+0,59	+ 5,1
9 000	−0,03	− 0,3
10 000	−1,12	− 9,7

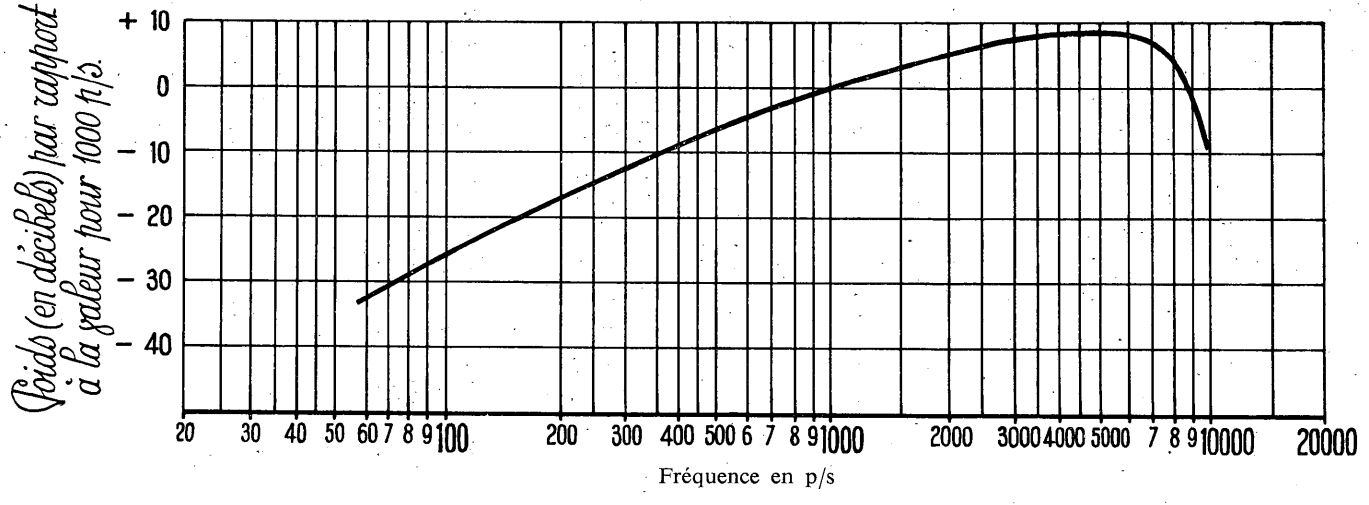


FIGURE 30. — *Courbe caractéristique du réseau filtrant du psophomètre utilisé pour les mesures sur les circuits pour transmissions radiophoniques*

missions radiophoniques, à l'exception des données relatives au réseau filtrant qui, dans ce cas, doit avoir provisoirement une courbe caractéristique conforme au tableau 2 ci-dessus.

Les « poids » correspondant aux diverses fréquences dans le tableau 2 ont été déterminés d'après des essais d'appréciation de l'effet perturbateur des bruits en présence de la musique. Il est entendu que ces poids sont provisoires, et que l'on devra procéder à de nouveaux essais d'appréciation tenant compte, non seulement de l'effet précité, mais aussi de l'effet perturbateur des bruits pendant les périodes de silence de la transmission musicale.

On signale, à titre d'information, que le Comité International Spécial des Perturbations Radiophoniques (C.I.S.P.R.) étudie des questions semblables, mais en se plaçant toutefois à un point de vue un peu différent.

Les poids indiqués par le tableau 2 constituent simplement un objectif provisoire à atteindre, et pour le moment on ne peut pas spécifier de tolérance, pour la réalisation du réseau filtrant ayant la courbe caractéristique correspondante.

3.2.4 Appareils pour la mesure objective des bruits de salle *

Le Comité Consultatif International Téléphonique,

Considérant,

Que les appareils de mesure objective des bruits de salle actuellement réalisés et dont les caractéristiques essentielles sont données, pour l'un d'entre eux, dans les articles cités dans la bibliographie ci-après, possèdent un certain nombre de dispositions communes ; ainsi, tous ces appareils se composent d'un microphone, d'un amplificateur muni d'un réseau filtrant, d'un détecteur et d'un appareil indicateur dont les caractéristiques dynamiques sont analogues à celles qui sont recommandées par le C.C.I.F. pour les indicateurs de volume (voir ci-dessus sous 3.2.2) :

Que des différences sensibles existent encore entre les différents types d'appareils, concernant notamment le zéro de référence et le nombre de courbes caractéristiques à employer pour les mesures (celles-ci étant toujours les courbes d'égale sensation sonore) ;

Qu'il n'a pas été possible jusqu'à présent de spécifier exactement toutes les caractéristiques essentielles des appareils de mesure des bruits de salle :

Considérant d'autre part

Que ces questions sont actuellement à l'étude au sein de la Commission Electrotechnique Internationale,

Emet, à l'unanimité, l'avis

Qu'il serait désirable que la Commission Electrotechnique Internationale étudie la question de la normalisation des caractéristiques essentielles des appareils pour la mesure objective des bruits de salle * et obtienne le plus tôt possible un accord international sur cette question.

---

* L'attention de la 11me C.E. du C.C.I.F. (Commission du Vocabulaire) est attirée sur l'impropriété du terme « sonomètre » pour désigner les appareils décrits dans cette section.

Remarque. — En attendant une normalisation internationale, le C.C.I.F. a adopté provisoirement, comme spécification d'un appareil pour la mesure objective des bruits de salle, la spécification donnée dans la Norme Z.24.3.1944 de l'American Standards Association (Sound level meter for measurement of noise and other sounds). Cette spédification fait l'objet de l'annexe 17 du *Livre d'annexes* au tome IV du *Livre Vert.*

Bibliographie

Les caractéristiques essentielles des appareils de mesure objective des bruits de salle utilisés par l'American Telephone and Telegraph Company font l'objet de la norme Z 24.3 — 1944 « American Standard Sound level meters for measurement of noise and other sounds », adoptée le 28 juillet 1944 par l'American Standards Association et employée par le C.C.I.F. comme spécification provisoire (voir ci-dessus).

On donne également, à titre d'information, les références suivantes :

1. American tentative standards for sound level meters for measurement of noise and other sounds. *Journal of the Acoustical Society of America*, 8 (1936), p. 147.
2. C.G. CHURCHER et A.J. KING. — The performance of noise meters in terms of the primary standard. *Journal of the Institution of Electrical Engineers*, 82 (1937), p. 57.
3. A.H. DAVIS. — An objective noise meter for the measurement of moderate and loud, steady and impulsive noises. *Journal of the Institution of Electrical Engineers*, 83 (1938), p. 249.
4. A.J. KING, R.W. GULKE, C.R. MAGUIRE et R.A. SCOTT. — Objective noise meter reading in phone for sustained noises with special reference to engineering plant. *Journal of the Institution of Electrical Engineers*, 88, part 2 (1941), p. 63.

3.2.5 Autres appareils

Pour les appareils qui peuvent servir en général pour faire des mesures électriques en courant alternatif en régime permanent, on doit consulter le *Livre d'annexes* au tome III du *Livre Vert.*

3.3 MESURES ÉLECTRO-ACOUSTIQUES OBJECTIVES

3.3.1 Mesure de l'efficacité absolue d'un système émetteur ou d'un système récepteur

Pour cette mesure, on a en général recours à l'une des méthodes suivantes :

a) *Méthode du thermophone*

Le principe et la description de cette méthode figurent dans les articles suivants :

H.D. ARNOLD et I.B. GRANDALL. — *Physical Review*, vol. 10 (1917), p. 22.

E.C. WENTE. — *Physical Review*, vol. 19 (1922), p. 333.

S. BALLANTINE. — *Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 3 (1932), p. 319.

L'application de cette méthode au Laboratoire du C.C.I.F., pour l'étalonnage absolu du S.F.E.R.T., est décrite dans l'Annexe 5 du *Livre d'annexes* au tome IV du *Livre Vert.*

b) *Méthode du disque de Rayleigh*

Le principe et la description de cette méthode figurent dans les articles suivants :

W. KÖNIG. — *Annalen der Physik*, vol. 43 (1891), p. 43.

E.J. BARNES et W. WEST. — *Journal of the Institution of Electrical Engineers*, vol. 65 (1927), p. 871.

W. WEST. — *Acoustical Engineering* (Pitman éditeur, London, 1932), chap. XI (une traduc-traduction en français des principaux passages de ce chapitre relatifs à la méthode du disque de Rayleigh figure dans la section H du « Projet d'instruction sommaire pour l'utilisation et la maintenance du Laboratoire du C.C.I.F. »).

R.A. SCOTT. — *Proceedings of the Royal Society A*, vol. 183 (1945), p. 296.

W. WEST. — Proceedings of the Physical Society B, vol. 62 (1949), p. 437.

L'application de cette méthode au Laboratoire du C.C.I.F., pour l'étalonnage absolu de l'A.R.A.E.N., est décrite dans l'Annexe 5 du *Livre d'annexes* au tome IV du *Livre Vert.*

c) *Méthode de compensation et méthode d'entraînement par grille*

Le principe et la description de ces méthodes figurent dans les articles suivants :

E. GERLACH. — *Wiss. Veröff. Siemens-Konzern*, vol. 3 (1923), p. 139.

M. GRÜTZMACHER et E. MEYER. — *Elektrische Nachrichten Technik*, vol. 4 (1927), p. 203.

S. BALLANTINE. — *Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 3 (1932), p. 219.

d) *Méthode de réciprocité pour l'étalonnage de microphones à condensateur*

Le principe et la description de cette méthode figurent dans un article de R.K. Cook publié dans le *Journal of Research of the National Bureau of Standards* (Washington), volume 25, page 489 (novembre 1940). Des détails complémentaires sont donnés dans l'Annexe 18 du *Livre d'annexes* au tome IV du *Livre Vert.*

Les bases physiques de cette méthode sont indiquées dans les ouvrages et articles suivants :

W. VOIGT. — *Lehrbuch der Kristallphysik*. B.G. Teubner, Leipzig (1910).

RAYLEIGH. — *The Theory of Sound.* Macmillan & Co., London (1896).

S. BALLANTINE. — *Proceedings of the Institute of Radio Engineers*, vol. 17 (1929), p. 929.

H. OSTERBERG et J.W. COOKSON. — *Review of Scientific Instruments*, vol. 6 (1935), p. 347.

S. BALLANTINE. — *Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 3 (1932), p. 319.

L.J. SIVIAN. — *Bell System Technical Journal*, vol. 10 (1931), p. 96.

D.A. KEYS. — *Philosophical Magazine*, vol. 46 (1923), p. 999.

W.R. MAC LEAN. — *Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 12 (1940), p. 140.

3.3.1 Mesures effectuées sur les appareils téléphoniques d'abonné

1. — *Mesure de la distorsion d'affaiblissement d'un appareil téléphonique*

La courbe des variations de l'efficacité absolue d'un appareil téléphonique (système émetteur ou système récepteur) en fonction de la fréquence ne renseigne pas complètement sur la manière dont cet appareil reproduit le voix humaine ou la musique, bien qu'une telle courbe soit souvent appelée « caractéristique de fonctionnement aux diverses fréquences ».

Cependant, la courbe des variations de l'efficacité absolue d'un appareil téléphonique en fonction de la fréquence donne des indications utiles au point de vue de la transmission de la parole humaine. D'autre part, pour les transmissions de morceaux de musique, en l'absence d'un critérium précis de la qualité de la transmission (jouant le rôle que joue la netteté ou le taux de répétition dans le cas des conversations téléphoniques commerciales), on doit se contenter de telles courbes pour apprécier la qualité des appareils terminaux (systèmes microphoniques ou haut-parleurs) que l'on utilise.

Pour tracer les caractéristiques « efficacité-fréquence », on dispose d'un certain nombre d'instruments modernes du commerce que l'on peut classer en deux catégories :

a) Les appareils enregistreurs qui permettent de relever automatiquement les caractéristiques de fonctionnement des appareils téléphoniques. Une des méthodes dite « Méthode de l'audiographe » est décrite dans l'Annexe 19 du *Livre d'annexes* au tome IV du *Livre Vert.*

b) Les appareils qui utilisent un tube à rayons cathodiques et qui permettent de relever rapidement la courbe caractéristique du fonctionnement d'un appareil aux diverses fréquences.

Des renseignements relatifs à ces types d'appareils sont donnés dans la section 3.6 ci-après, ainsi que dans les Annexes 21 et 22 du *Livre d'annexes* au tome IV du *Livre Vert.*

2. — *Mesure de la distorsion de non-linéarité d'un appareil téléphonique et du bruit des microphones*

Tandis que les distorsions de non-linéarité des récepteurs téléphoniques sont en général négligeables, les microphones (et surtout les microphones à charbon du type généralement utilisé dans les appareils téléphoniques commerciaux) présentent une non-linéarité considérable : la relation entre la variation de la résistance du microphone et la pression acoustique s'exerçant sur le diaphragme n'est pas linéaire. Cette non-linéarité est d'autant plus importante que la variation de résistance est plus grande par rapport à la résistance totale du microphone, c'est-à-dire que le microphone est plus sensible. En outre, il y a deux effets supplémentaires :

1. Le microphone est parfaitement insensible aux pressions acoustiques inférieures à une certaine valeur (seuil d'excitation) ;
2. L'inertie mécanique des grains de charbon (ou le retard à l'établissement des contacts électriques entre ces grains) est cause que les divers régimes d'agitation du charbon sous l'influence des ondes acoustiques ne sont

pas les mêmes pour toutes les fréquences de ces ondes (par exemple les battements lents entre deux sons sont en général favorisés dans la reproduction des sons par un microphone à charbon).

Les bruits microphoniques sont étroitement liés aux non-linéarités. Lorsqu'on mesure la distorsion de non-linéarité, on peut être amené à mesurer la distorsion harmonique ainsi que la variation de l'efficacité en fonction de l'amplitude. A titre d'exemple de telles mesures, on peut se reporter à une contribution de la République Fédérale d'Allemagne décrite dans l'Annexe 20 du *Livre d'annexes* au tome IV du *Livre Vert.*

3. — *Mesure objective de l'équivalent de référence (à l'émission et à la réception) et de l'équivalent de référence de l'effet local*

a) En ce qui concerne la mesure objective de l'équivalent de référence (à l'émission et à la réception) des appareils téléphoniques d'abonné, on peut signaler les appareils employés par l'Administration de la République fédérale d'Allemagne et par l'Administration suisse qui sont décrits dans les Annexes 21 et 22 du *Livre d'annexes* au tome IV du *Livre Vert.*

b) En ce qui concerne la mesure objective de l'équivalent de référence de l'effet local d'un appareil téléphonique d'abonné, aucune méthode objective n'est recommandée, cette question dans son ensemble étant à l'étude au sein du C.C.I.F.

3.4 MESURES SUBJECTIVES A LA VOIX ET A L'OREILLE

3.4.1 Mesure du volume des sons vocaux

L'indicateur de volume devrait être utilisé suivant les indications figurant dans l'Annexe 11 du *Livre d'annexes* au tome IV du *Livre Vert.* Pour utiliser la « puissance vocale normale pour les mesures téléphonométriques » le cadran de l'appareil devrait être réglé à -16 décibels.

3.4.2 Mesure des équivalents de référence et des équivalents relatifs

a) MESURE DES ÉQUIVALENTS DE RÉFÉRENCE PROPREMENT DITS

Cette mesure consiste dans une comparaison à la voix et à l'oreille avec le Système Fondamental de Référence pour la Transmission téléphonique (S.F.E.R.T.) ; c'est ce qu'on appelle une « mesure téléphonométrique ».

Cette comparaison peut être directe et donne alors directement l'équivalent de référence du système complet, ou du système émetteur, ou du système récepteur considéré. Mais, en général, on ne compare ainsi directement au S.F.E.R.T. que les systèmes étalons de travail, avant de les mettre en service, puis périodiquement dans un but de vérification. Par conséquent, l'équivalent de référence d'un système ou partie de système est, en général, déterminé indirectement, c'est-à-dire qu'on mesure l'équivalent relatif de ce système (ou de cette partie de système) par rapport à un système auxiliaire (système étalon de travail) dont l'équivalent de référence a été préalablement déterminé par comparaison directe avec le système fondamental de référence.

b) Mesure des équivalents relatifs

Les systèmes étalons de travail utilisés actuellement étant, soit des types à microphone à charbon (S.E.T.A.B.) soit du type à microphone et récepteur électrodynamiques (S.E.T.E.D.), on indique ci-après les précautions spéciales à prendre lorsqu'on effectue une mesure téléphonométrique et notamment la mesure d'un équivalent relatif d'un appareil à combiné. Deux méthodes de mesure sont indiquées à titre d'exemples :

α) *Utilisation d'un système étalon de travail du type S.E.T.A.B.*

La mesure téléphonométrique à effectuer pour déterminer l'équivalent relatif d'un système ou d'une partie de système par rapport à un système étalon de travail avec microphone à charbon (S.E.T.A.B.) peut être effectuée à volonté par l'une des deux méthodes suivantes :

α.1 *Méthode dite « à deux opérateurs avec affaiblissement secret »*

Cette méthode repose sur l'utilisation simultanée de deux lignes d'affaiblissement réglables ; une de ces lignes (ligne d'équilibre) sert à réaliser l'égalité des impressions sonores à la réception ; la deuxième ligne (affaiblissement secret) permet de modifier à volonté, avant la mesure et à l'insu de l'opérateur qui écoute, la valeur apparente de l'efficacité de l'un des deux appareils comparés.

Le résultat doit être exprimé ainsi : x unités de transmission (népers ou décibels) « meilleur » (M) ou « pire » (P) que le S.F.E.R.T., compte tenu de l'équivalent de référence du S.E.T.A.B.

Les indications ci-dessous se réfèrent à des détails de montage précis et sont données seulement à titre d'exemple.

α.1.1 *Comparaison, à un système émetteur étalon, d'un autre système émetteur*

Le schéma de principe, ainsi que les commutations nécessitées pour cette comparaison sont représentés sur la figure 31.

Pour l'exécution d'un équilibre élémentaire, un premier opérateur A donne à la ligne d'affaiblissement secret une certaine valeur ; puis il parle alternativement devant le microphone 1 et devant le microphone 2, en répétant successivement, devant les deux microphones, une des phrases conventionnelles suivantes, choisies de manière à contenir chacune les principaux sons de voyelles :

Berlin, Hamburg, München, Koblenz, Leipzig, Dortmund (utilisée en Allemagne).

One, two, three, four, five (utilisée en Grande-Bretagne).

Joe took father's shoe bench out
She was waiting at my lawn. } (utilisée aux Etats-Unis d'Amérique).

Paris, Bordeaux, Le Mans, Saint-Leu, Léon, Loudun (utilisée en France et au Laboratoire du C.C.I.F.).

Il conserve, en parlant, le « volume normal pour les mesures téléphonométriques » défini ci-dessus « Etalon de transmission », § IV-3.1.2.B et place ses lèvres de manière à ce qu'elles soient sensiblement tangentes au plan du cercle

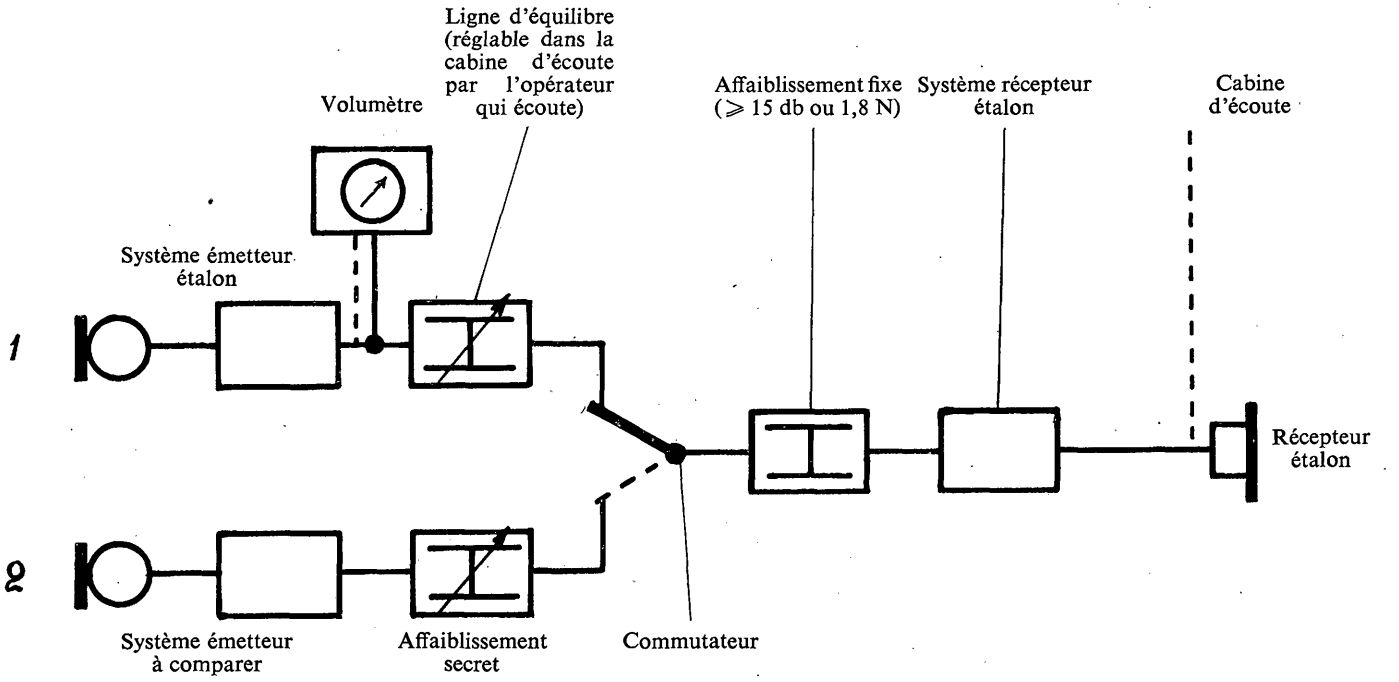


FIGURE 31. — *Comparaison, à un système émetteur étalon, d'un autre système émetteur (Méthode dite « à deux opérateurs avec affaiblissement secret »)*

limitant l'anneau de garde *. Simultanément, il agit sur le commutateur, pour aiguiller de façon convenable le système de commutation.

Un deuxième opérateur B reçoit dans le récepteur (toujours le même) les courants provenant des deux microphones comparés. Il les compare auditivement et ajuste la ligne artificielle d'équilibre de manière à obtenir la même impression sonore.

Pour permettre à l'opérateur qui écoute de suivre le rythme des commutations, il est recommandé d'utiliser une lampe dont le circuit d'allumage est commandé synchroniquement par le commutateur. Elle indique, par son allumage, que la ligne d'équilibre est insérée dans le circuit d'écoute. Quand l'équilibre est ainsi réalisé, l'essai est terminé, et il suffit de relever les indications portées par les deux lignes d'affaiblissement, et de les interpréter conformément à l'exemple donné ci-après.

α.1.2 *Comparaison, à un système récepteur étalon, d'un autre système récepteur*

Le schéma de principe, ainsi que les commutations nécessitées pour cette comparaison sont représentés sur la figure 32.

Pour l'exécution d'un équilibre élémentaire, un premier opérateur A donne à l'affaiblissement secret une valeur, puis il parle devant le microphone étalon (toujours le même) en répétant, suivant un rythme convenable et à intervalles réguliers, la même phrase conventionnelle et en conservant le « volume normal pour les mesures téléphonométriques » (voir ci-dessus). Il agit synchroniquement sur le commutateur de manière à réaliser les commutations convenables.

Un deuxième opérateur B tient à la main les deux récepteurs et les place alternativement contre son oreille (dans la position qui donne la meilleure audition), en suivant dans ce mouvement le rythme de la commutation. Il ajuste alors la ligne d'équilibre, de manière à obtenir l'égalité des impressions sonores avec les deux récepteurs. Quand l'opérateur B ne peut obtenir l'égalité des impressions sonores, c'est-à-dire lorsque le système comparé est plus efficace que le système étalon, il demande à l'opérateur A (à l'aide d'un système de signalisation quelconque, par exemple un signal sonore convenu) de changer les positions respectives de l'affaiblissement secret et de l'affaiblissement d'équilibre.

Une lampe, dont le circuit d'allumage est commandé synchroniquement par le commutateur, indique, par son allumage, à l'opérateur B, que la ligne d'équilibre est insérée dans le circuit d'écoute ; elle lui donne donc à tout moment la cadence de la commutation.

La détermination d'un équivalent de référence (ou d'un équivalent relatif) ne peut être fournie par une seule mesure. Elle résulte de la moyenne d'un nombre suffisamment élevé d'équilibres élémentaires exécutés suivant le procédé décrit ci-dessus. Ce nombre est, au minimum, de six et devra être normalement de douze. Dans le cas où l'on dispose de trois opérateurs, qui peuvent être groupés de six façons différentes, il sera donc nécessaire de faire exécuter au moins une, de préférence deux mesures, par chacune des combinaisons possibles d'opérateurs.

---

* La position de l'anneau de garde est définie à la page 150 ci-après.

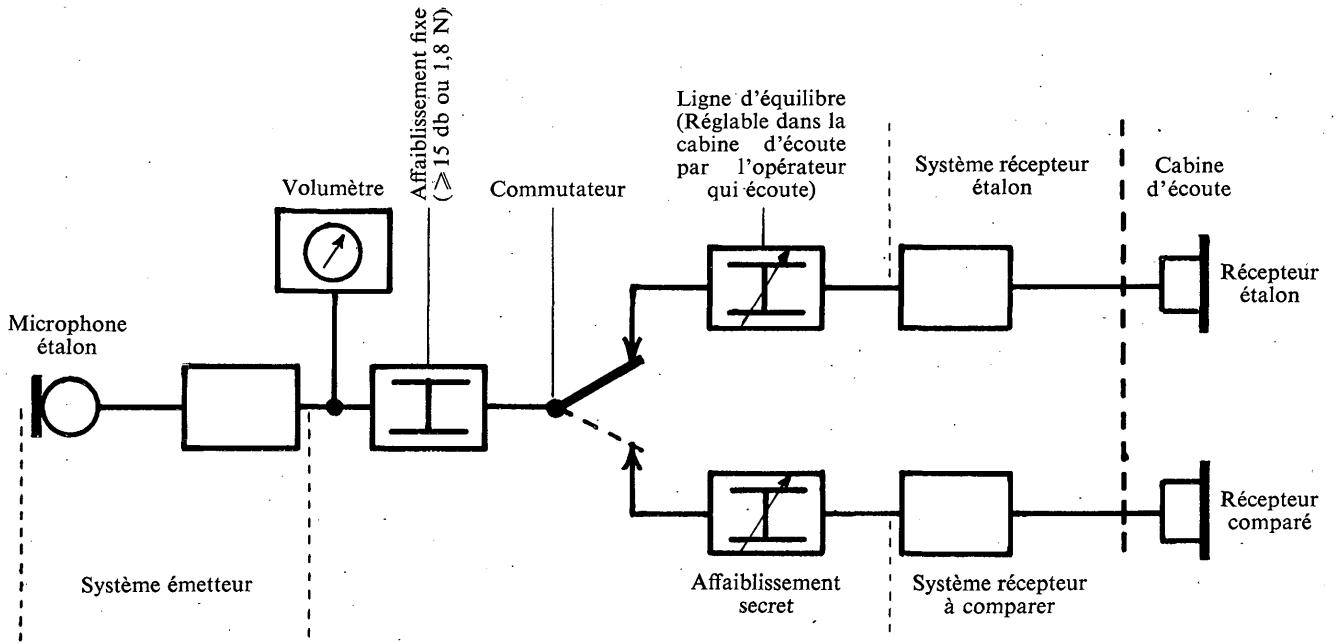


FIGURE 32. — *Comparaison, à un système récepteur étalon, d'un autre système récepteur (Méthode dite « à deux opérateurs avec affaiblissement secret »)*

Il est recommandé d'enregistrer le résultat des essais sur des fiches spéciales, sur lesquelles sont inscrites les valeurs des affaiblissements secrets et des affaiblissements d'équilibre respectivement utilisés au cours des équilibres élémentaires, ainsi que les valeurs résultantes qui caractérisent les résultats définitifs de la mesure téléphonométrique. Le tableau ci-dessous donne un exemple de l'enregistrement d'une mesure téléphonométrique effectuée par une équipe de cinq opérateurs au Laboratoire.

Système (désignation du type de système téléphonique essayé) *Date :* .....

Opérateurs			
1	.....	4	.....
2	.....	5	.....
3	.....		

Equivalent de référence (ou relatif) à l'émission (ou à la réception)

Conditions de mesures (caractéristiques de la maquette d'alimentation avec ou sans ligne d'abonné, valeur de la tension d'alimentation et de l'intensité du courant microphonique)

Essai n° .....

Opérateurs qui écoutent

Opérateurs qui parlent	1			2			3			4			5			Totaux	Moyenne pour l'opérateur qui parle
	s	eq	r	s	eq	r	s	eq	r	s	eq	r	s	eq	r		
1				8	12	+4	9	6	−3	5	7	+2	5	7	+2	+ 5	+1,2
2	10	11	+1				6	10	+4	10	8	−2	7	11	+4	+ 7	+1,7
3	4	9	+5	4	9	+5				6	6	0	2	4	+2	+12	+3,0
4	8	16	+8	9	15	+6	9	7	−2				10	12	+2	+14	+3,5
5	6	13	+7	3	7	+4	9	7	−2	9	11	+2				+11	+2,7
Totaux			+21			+19			−3			+2			+10	49	
Moyenne pour l'opérateur qui écoute			+5,2			+4,7			−0,7			+0,5			+2,5		

Equivalent de référence +2,45 db (ou 2,45 db pire)
Ecart quadratique moyen de la moyenne arithmétique : .....

Légende { « s » désigne la valeur de l'affaiblissement secret
« eq » désigne la valeur de la ligne d'équilibre
« r » désigne le résultat de la comparaison (« eq » — « s »)

Lorsqu'on veut déterminer l'équivalent de référence d'un système émetteur (ou récepteur) à partir d'une mesure de comparaison avec un système émetteur (ou récepteur) étalon de travail (dont l'équivalent de référence a été déterminé au Laboratoire du C.C.I.F.), il y a lieu de tenir compte de la valeur de l'équivalent de référence de ce système émetteur (ou récepteur) étalon. L'équivalent de référence d'un système émetteur (ou récepteur) est alors déduit des résultats d'essais de la façon suivante, par exemple :

Résultat brut moyen	−5,0 (5 db Meilleur)
Equivalent de référence du système étalon de travail	1,3 (+1,3 db Pire)
Equivalent de référence du système essayé	(−5,0) + (+1,3) = −3,7 db ou (3,7 db Meilleur)

α.2 *Méthode dite « à trois opérateurs sans affaiblissement secret ».*

Cette méthode comporte trois positions d'opérateurs :

a) une position d'émission ;

b) une position de réception (où se font les comparaisons téléphonométriques) ;

c) une position de réglage.

Les montages des positions d'émission et de réception sont identiques à ceux qui ont été décrits précédemment, la seule différence entre les deux méthodes résidant dans le nombre et la disposition des lignes artificielles. Le mode de comparaison à trois opérateurs ne nécessite, en effet, en dehors de la ligne d'affaiblissement fixe, qu'une seule ligne réglable. Cette ligne est commandée par l'opérateur C, qui occupe la position de réglage et qui reçoit les indications envoyées par l'opérateur B de la position de réception. La ligne d'affaiblissement secret est supprimée et remplacée par des connexions métalliques directes.

Le mode opératoire est alors le suivant :

α.2.1 *Comparaison, à un système émetteur étalon, d'un autre système émetteur* (figure 33)

L'opérateur C donne à la ligne artificielle réglable une première valeur a_1, puis il signale par lampe, par vibrateur ou directement à la voix, à l'opérateur A qu'il peut commencer à parler. Celui-ci prononce alors alternativement devant chacun des deux microphones la phrase conventionnelle adoptée une fois pour toutes, en conservant le volume normal pour les mesures téléphonométriques défini ci-dessus (IV-3.1.2.B). L'opérateur B reçoit dans un récepteur étalon les courants provenant successivement des deux microphones. Une signalisation lumineuse commandée par le système général de commutation lui indique à tout moment le numéro (1 ou 2) du microphone devant lequel on parle. Si l'intensité sonore correspondant au microphone 2 est moins grande que l'intensité sonore

correspondant au microphone 1 (étalon), B appuie sur le bouton de signalisation marqué P (pire). Un signal lumineux (l'allumage d'une lampe sur le capuchon de laquelle est inscrite la lettre P), accompagné au besoin d'un bruit de vibrateur, indique à l'opérateur C le résultat de la première appréciation. Une signalisation du même genre est également utilisée pour indiquer à l'opérateur A qu'il peut cesser de parler. L'opérateur C consigne immédiatement ce résultat sur un registre sous la forme :

$$a_1 \text{ P}$$

Le nombre a_1 peut être inscrit dans deux colonnes. Inscrit dans la première, il indique que l'affaiblissement est introduit dans le circuit en même temps que l'étalon, ce qui a pour effet d'affaiblir l'étalon ; inscrit dans la seconde, il indique que l'affaiblissement est introduit dans le circuit en même temps que l'appareil comparé, ce qui a pour effet d'affaiblir ce dernier.

Dans le cas contraire, si l'intensité sonore correspondant au microphone 2 est plus importante que l'intensité sonore correspondant au microphone 1 (étalon), l'opérateur B appuie sur le bouton de signalisation marqué M (meilleur). Un signal lumineux (allumage d'une lampe sur le capuchon de laquelle est inscrite la lettre M) accompagné au besoin d'un bruit de vibrateur, apparaît alors devant l'opérateur C. Dans le cas où le résultat de l'appréciation correspond à l'équilibre exact, l'opérateur B peut appuyer sur un troisième bouton commandant le circuit d'une troisième lampe réservée à la signalisation de l'équilibre exact.

L'opérateur C qui règle, donne alors à l'affaiblissement réglable une deuxième valeur a_2. Puis il signale à l'opérateur A qu'il peut recommencer à parler. Le résultat de la mesure sera une deuxième constatation, par exemple M, ce qui signifie que le microphone comparé apparaît comme meilleur que l'étalon, lorsque celui-ci est en série avec un affaiblissement de a_2 unités ; l'opérateur C enregistre le renseignement correspondant sous la forme

$$a_2 \text{ M}$$

Puis il donne à sa convenance à l'affaiblissement réglable de nouvelles valeurs permettant de resserrer l'intervalle des deux valeurs pour lesquelles le résultat de l'équilibre change de sens. Lorsqu'on a déterminé par encadrements successifs (formant une série convergente), sinon le nombre correspondant à l'équivalence exacte des impressions sonores, du moins deux valeurs a et a' différant au plus de 1 ou 2 décibels ou de 0,1 ou 0,2 néper et pour lesquelles l'un des deux appareils paraît respectivement meilleur et pire que l'autre, l'essai est considéré comme terminé. L'opérateur C de la table de réglage signale la fin de l'essai aux deux autres opérateurs A et B, et un nouvel équilibre peut commencer.

Une seule appréciation d'égalité ne peut être considérée comme suffisante pour caractériser un équilibre et doit être confirmée par au moins deux appréciations (M et P) permettant de l'encadrer.

En vue de faciliter le relevé général des résultats, il est commode de disposer les résultats individuels de mesure d'une manière qui mette en évidence, d'une part, la position de l'affaiblissement d'équilibre (côté étalon ou côté appareil mesuré) et, d'autre part, l'appréciation correspondante donnée par l'opérateur qui écoute.

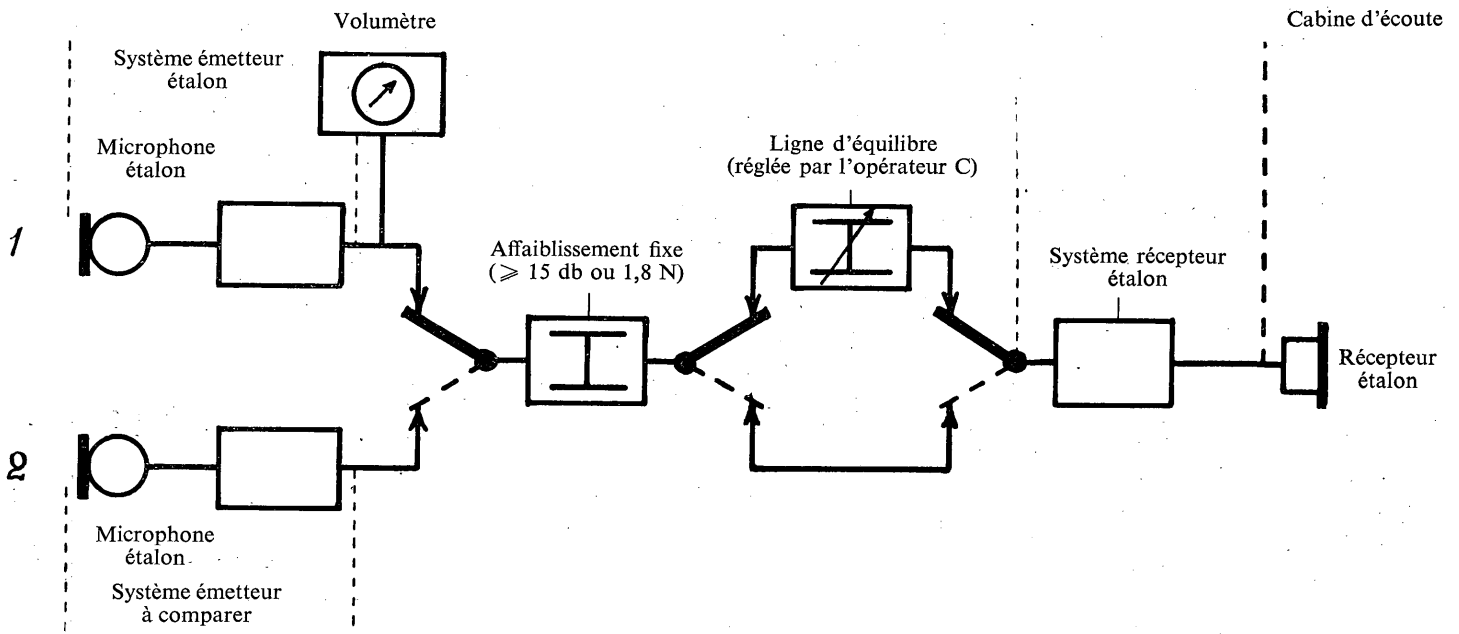


FIGURE 33. — *Comparaison, à un système émetteur étalon, d'un autre système émetteur (Méthode à trois opérateurs, sans affaiblissement secret)*

Le tableau ci-après est un exemple d'une telle disposition. Le résultat brut de l'équilibre est, soit le nombre correspondant à l'équivalence exacte des appréciations téléphonométriques (quand cette équivalence exacte aura pu être obtenue et confirmée par encadrement), soit la moyenne entre les deux nombres les plus voisins et affectés l'un du symbole d'appréciation M (meilleur) et l'autre du symbole P (pire). On écrit la moyenne en la faisant suivre de la lettre P ou de la lettre M, selon que le plus grand des deux nombres voisins qui l'encadrent est placé dans la colonne « côté étalon » ou dans la colonne « côté appareil ».

Le résultat brut de la série des six équilibres est la moyenne des résultats des six équilibres élémentaires. Le résultat net de la mesure téléphonométrique ou série de six équilibres est égal au résultat brut corrigé de l'équivalent de référence de l'étalon. Le résultat final pourra, au lieu d'être accompagné de la lettre M ou de la lettre P, être affecté du signe — ou du signe +.

Essai du système émetteur .....

Système émetteur étalon de comparaison n° .....

A-B (parle) (écoute)			B-C			C-A		
Affaiblissement			Affaiblissement			Affaiblissement		
Côté étalon	Côté appareil		Côté étalon	Côté appareil		Côté étalon	Côté appareil	
6		M	1		P	1		M
0		P	5		M		3	P
3		M	3		M		1	P
1		P	1		P	1		M
2		M	2		M		0	P
						1		M
Moyenne 1,5 P			Moyenne 1,5 P			Moyenne 0,5 P		

B-A			C-B			A-C		
Affaiblissement			Affaiblissement			Affaiblissement		
Côté étalon	Côté appareil		Côté étalon	Côté appareil		Côté étalon	Côté appareil	
0		P		2	P	4		M
2		M	3		M		2	P
1		P	0		M	2		M
2		M		1	P	0		M
				0	M		1	P
Moyenne 1,5 P			Moyenne 0,5 M			Moyenne 0,5 M		

Résultat brut moyen	0,7 P
Equivalent de référence de l'étalon	5,0 P
Equivalent de référence de l'appareil essayé	5,7 P ou + 5,7

α.2.2 *Comparaison, à un système récepteur étalon, d'un autre système récepteur.*

Le mode opératoire est le même que dans le cas de la comparaison de deux systèmes émetteurs : la seule différence est naturellement dans la commutation qui porte sur le système récepteur au lieu de porter sur le système émetteur. Pour la disposition générale des résultats, il y a lieu d'observer la même consigne.

β) *Utilisation d'un système étalon de travail du type S.E.T.E.D.*

Le S.E.T.E.D. peut être utilisé pour mesurer l'équivalent de référence de tout système émetteur (ou récepteur), en particulier des systèmes normalement en service dans les relations téléphoniques.

La méthode de comparaison employée peut être une des deux méthodes précédemment décrites.

Remarque. — Dans le passé, le C.C.I.F. recommandait d'utiliser des systèmes étalons de travail, soit avec microphone à charbon du type S.E.T.A.C., soit avec microphone électromagnétique du type S.E.T.E.M. Les Administrations ou Exploitations privées téléphoniques qui utilisent encore ces systèmes étalons de travail trouveront des renseignements y relatifs dans le tome IV du *Livre Jaune* (Paris 1949), pages 254 à 266.

C) PRÉCAUTIONS A PRENDRE LORS DES MESURES TÉLÉPHONOMÉTRIQUES

Volume à conserver. — Le volume produit au cours des mesures téléphonométriques a une très grande importance dans l'exécution de ces mesures, car il influe sur les efficacités absolues et relatives des appareils mesurés (spécialement dans le cas des microphones à charbon). Ce volume doit correspondre à la « puissance normale pour les mesures téléphonométriques » utilisée au Laboratoire du C.C.I.F. et déterminée comme il est indiqué ci-dessus (voir ci-dessus le § B de la section 3.1.2).

Il y a lieu de contrôler ce volume au moyen d'un indicateur de volume, dont l'aiguille est placée sous les yeux de l'opérateur qui parle, et qui est inséré à l'entrée de la ligne d'affaiblissement fixe (et ayant une impédance d'entrée de 600 ohms). Il est nécessaire que cet indicateur de volume ait été comparé au Volume Indicator du S.F.E.R.T., en même temps que le système étalon de travail auquel il est associé (ou à un autre indicateur de volume du même type ayant déjà été comparé lui-même au Volume Indicator du S.F.E.R.T.).

Effet de tassement. — Pour prévenir l'effet de tassement du graphite des microphones à charbon essayés, il est recommandé de taper légèrement, avant chaque essai, sur le boîtier du microphone à charbon.

Résistances parasites des contacts. — En vue de réduire au minimum l'effet des résistances de contact, il est recommandé d'employer des lames-ressorts de très bonne qualité, exerçant une pression de contact suffisamment élevée.

Les points de contact doivent être en métal approprié, par exemple argent et or, ou platine, plusieurs lames étant prises en parallèle pour assurer un même contact dans le cas où l'on utilise des points de contact en argent et or.

Il est d'ailleurs indispensable de vérifier très fréquemment la qualité des contacts électriques du système de fiches et de commutation en mesurant l'équivalent de la partie électrique du système avec un courant de fréquence déterminée, par exemple 1000 hertz, et de très faible intensité.

Position des lèvres par rapport au microphone. — Non seulement il faut conserver le volume normal pour les mesures téléphonométriques, mais encore il est indispensable que la position des lèvres par rapport au microphone soit définie de façon rigoureuse. Dans le cas d'un microphone fixe, l'opérateur en parlant doit placer ses lèvres de manière qu'elles soient sensiblement tangentes au plan limitant extérieurement l'embouchure du microphone, et conserver cette position pendant toute la durée des essais. On peut employer à cet effet un dispositif dit « anneau de garde » consistant en un anneau circulaire de 2,5 cm de diamètre, fixé sur l'embouchure du microphone au moyen d'agrafes légères, et placé de telle façon que le plan de l'embouchure soit tangent au plan des lèvres de l'opérateur quand celui-ci, en parlant, appuie ses lèvres sur l'anneau. Dans tous les cas, la face avant du microphone doit être inclinée, en arrière, de 20° sur la verticale.

Dans le cas d'un appareil à combiné, on doit toujours utiliser un « anneau de garde » conformément aux indications ci-après.

On a tout d'abord précisé, par des mesures effectuées sur un grand nombre d'individus, les dimensions caractéristiques de la tête d'un abonné moyen et la manière dont cet abonné applique le microtéléphone contre son oreille au cours d'une conversation téléphonique. De telles mesures ont été effectuées dans divers pays au moyen de l'appareil intitulé : « Dispositif de mesure des dimensions de la tête ».

Ce dispositif est représenté sur la figure 34, il comporte un récepteur téléphonique dans lequel on fait passer un courant à fréquence vocale complexe, et auquel est fixé un système de tiges graduées. Ce système est placé dans le plan passant par les centres des oreilles et le centre de la bouche, la personne appliquant le récepteur téléphonique contre son oreille comme elle a l'habitude de le faire. On lit sur les tiges graduées la distance d_1 entre le centre de l'oreille et la ligne des lèvres, et la distance d_2 d'écartement du centre de la bouche. Au moyen de l'abaque de la figure 35, on en déduit :

1. La distance δ entre le centre de l'oreille et le centre de la bouche ;
2. L'angle α entre le plan du pavillon du récepteur téléphonique et la droite joignant le centre de ce pavillon au centre de la bouche.

D'autre part, on mesure la distance l entre les points milieux de pavillons de récepteurs téléphoniques qui seraient appliqués contre les deux oreilles respectivement (distance entre les centres des deux oreilles). On calcule l'angle β que fait l'intersection du plan du pavillon du récepteur téléphonique appliqué contre l'oreille et du plan passant par les centres des oreilles et le centre de la bouche, d'une part, et la « direction de conversation », d'autre part. On appelle « direction de conversation » la droite intersection du plan de symétrie de la tête et du plan passant par les centres des oreilles et le centre de la bouche.

Ce calcul s'effectue au moyen de la formule :

$$\beta = \text{arc sin} \frac{l}{2\delta} - \alpha$$

Le Comité Consultatif International Téléphonique recommande de conserver les valeurs suivantes α, β et δ, dans le cas des mesures d'équivalents de référence :

$$\alpha = 15° 30'$$
$$\beta = 18°$$
$$\delta = 14 \text{ cm.}$$

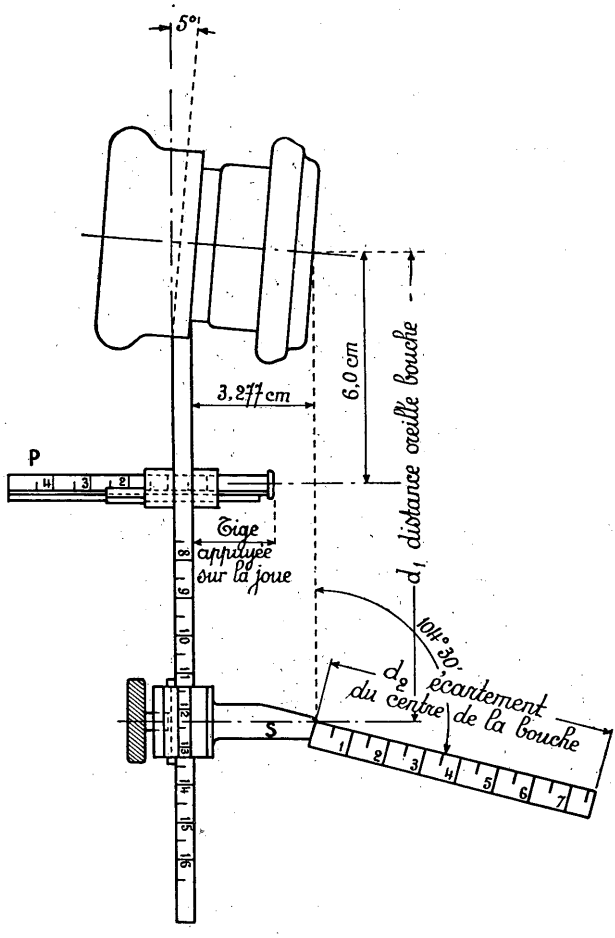


FIGURE 34. — *Dispositif de mesure des dimensions de la tête*

Ces nombres sont les valeurs les plus probables trouvées aux Etats-Unis d'Amérique. Bien que diverses mesures des dimensions de têtes d'abonnés conduiraient à prendre des valeurs légèrement différentes, il est désirable de conserver les valeurs ci-dessus dans un but d'unification mondiale, et aussi parce que, sur la base de ces valeurs, ont été déjà déterminées de nombreuses valeurs relatives aux équivalents de référence des appareils téléphoniques commerciaux.

Avec les valeurs ci-dessus de α, β, δ, il est possible de déterminer la position d'un anneau de garde qui fixera la position de la bouche de l'opérateur qui parle par rapport au combiné. Le plan de cet anneau sera perpendiculaire au plan de symétrie de l'appareil et son centre sera situé dans ce plan.

Sa position sera définie par la construction géométrique suivante effectuée dans le plan de symétrie du combiné. On prend comme origine le point milieu du pavillon du récepteur. A partir de cette origine, on mène une droite faisant un angle α avec le tracé du plan du pavillon du récepteur sur le plan de symétrie du combiné, et sur cette droite on porte une longueur δ. Le point ainsi déterminé est le centre de l'anneau de garde qui devra coïncider avec le point milieu des lèvres.

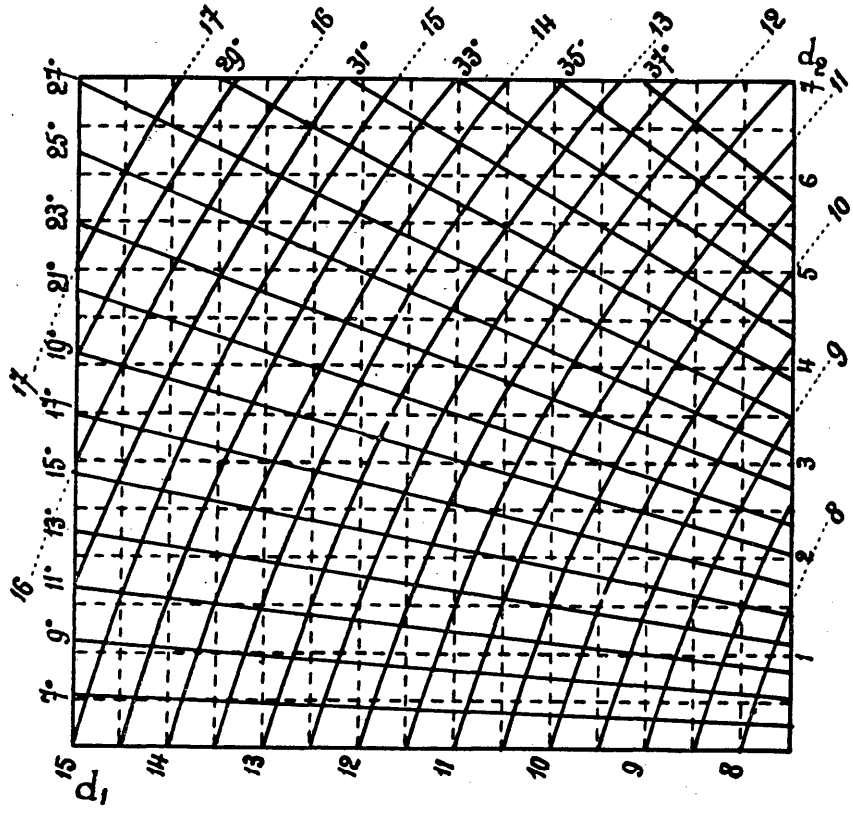


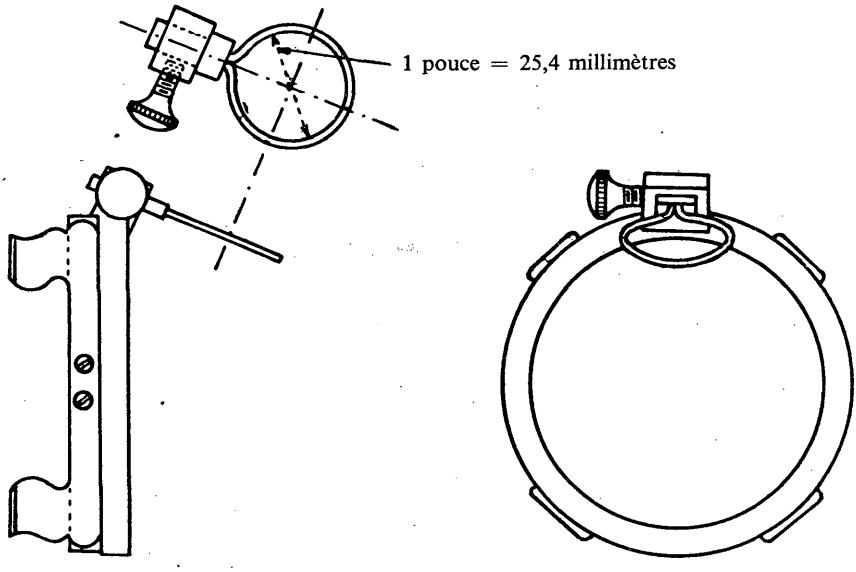
FIGURE 35. — *Abaque utilisé avec le dispositif de mesure des dimensions de la tête*

d_1 Distance entre le centre de l'oreille et la ligne des lèvres (cm)
d_2 Ecartement du centre de la bouche (cm)
15-15, 14-14, etc... Distance δ en cm
7°, 9° etc... Angle α en degrés.

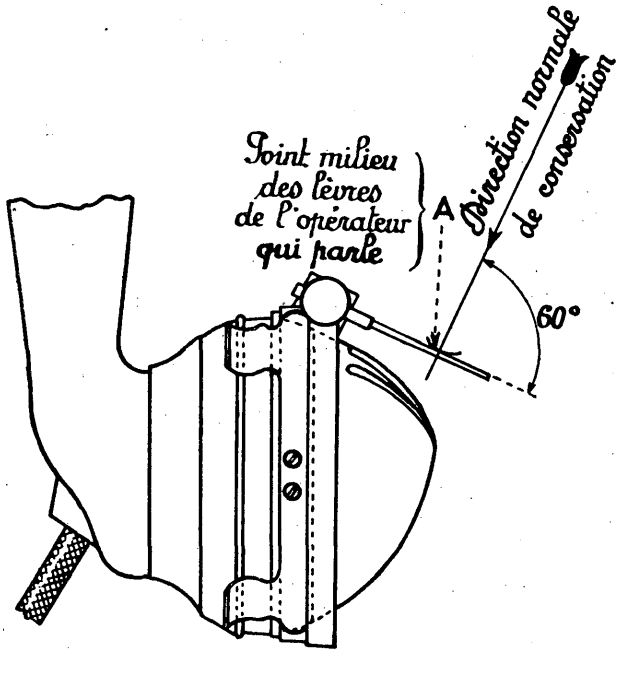
La trace du plan de cet anneau sur le plan de symétrie sera une droite perpendiculaire à la direction de conversation définie précédemment, c'est-à-dire que la perpendiculaire à cette droite fera un angle β avec la trace du plan du récepteur.

La position de l'anneau de garde est donc ainsi bien déterminée et fixée par rapport à l'appareil.

Il reste ensuite à déterminer la position de l'anneau de garde dans l'espace au cours des mesures téléphonométriques. On fait l'hypothèse que l'opérateur



1. *Exemple d'anneau de garde pour les essais de combinés*



2. *Fixation de l'anneau de garde sur un combiné*

FIGURE 36

parlera de telle manière que le plan de symétrie de sa figure soit vertical. Le centre de l'anneau sera dans ce plan et le plan de l'anneau lui sera perpendiculaire.

Il reste à déterminer l'inclinaison de l'anneau sur le plan horizontal. On la prendra égale à 45°, ce qui correspond à une position de conversation normale, la tête très légèrement inclinée en avant.

Il faut remarquer que la position ainsi définie pour l'anneau de garde a été déterminée sans prendre en considération l'inclinaison du diaphragme du microphone et ne correspond pas forcément aux conditions optima de fonctionnement de ce dernier.

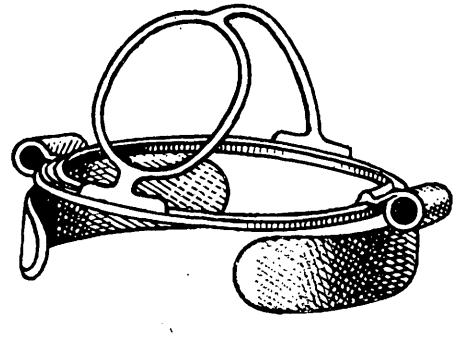
Si, lorsque le combiné est placé dans la position indiquée ci-dessus, le récepteur se trouve juste sur l'oreille de l'opérateur, il convient de prendre des précautions pour que le volume demeure bien constant. En effet, le volumètre est placé sur l'étalon, et lorsque l'opérateur parle devant le combiné, il est tenté de changer la force de sa voix, à cause du bruit entendu dans son récepteur par effet local. Cet inconvénient est particulièrement à craindre pour les appareils non pourvus de dispositif antilocal.

Pour éviter cet inconvénient, le récepteur du combiné doit être débranché et ne doit pas être pressé contre l'oreille de l'opérateur ; en outre, dans le montage d'essai on doit insérer à la place de ce récepteur débranché, un récepteur analogue, mais placé la face sur la table de façon à présenter une impédance semblable à celle du récepteur placé contre l'oreille.

Il est indispensable que l'anneau de garde et sa monture soient construits très légèrement, de manière à ne pas perturber le champ acoustique devant le microphone. Il est également nécessaire que le serrage sur le boîtier n'affecte en rien les propriétés mécaniques et électriques du microphone.

Une disposition analogue à celle des figures 36 et 37 est recommandable.

Fixation de l'anneau de garde sur un combiné



Croquis perspectif de l'anneau de garde

FIGURE 37. — *Anneau de garde utilisé par l'American Telephone and Telegraph Company pour les essais des combinés*

NOTE CONCERNANT LES MESURES D'ÉQUIVALENTS DE RÉFÉRENCE

Il convient de faire une distinction très nette entre, d'une part les mesures nécessaires à l'étude et à la construction d'appareils téléphoniques commerciaux destinés à satisfaire le mieux possible aux conditions du service, d'autre part l'échange entre Administrations et Exploitations privées de données numériques établissant une corrélation entre les divers types d'appareils, en ce qui concerne l'équivalent de référence considéré comme un des facteurs influant sur la qualité de la transmission.

Dans le premier cas, il est nécessaire de mesurer l'efficacité à l'émission et à la réception de l'appareil, dans un grand intervalle de variation, soit de la position de la bouche de l'abonné par rapport au microphone, soit du volume utilisé, soit encore de l'intensité du courant d'alimentation.

Dans le deuxième cas, il suffit de donner, pour chaque appareil, une valeur d'équivalent de référence à l'émission et à la réception, correspondant à une position conventionnelle de la bouche par rapport au microphone et à une valeur conventionnelle du volume, mesuré par un volumètre spécifié.

Le C.C.I.F. ne considère que ce deuxième cas, et c'est pourquoi il n'est pas absolument essentiel que la position conventionnelle de la bouche adoptée corresponde exactement à la position moyenne de la bouche des abonnés, ni que le volume normal pour les essais téléphonométriques coïncide exactement avec la valeur moyenne des volumes constatés en service.

Par contre, il y a un grand avantage à ce que cette position conventionnelle de la bouche et ce volume normal pour les essais téléphonométriques soient utilisés universellement quand il s'agit simplement de se communiquer, de pays à pays, les données générales sur les équivalents de référence.

Il en résulte évidemment que les valeurs des équivalents de référence à l'émission et à la réception, correspondant à cette position conventionnelle de la bouche et à ce volume normal pour les essais téléphonométriques, ne sont pas nécessairement les mêmes que celles données par ces mêmes appareils, en service réel.

D'après ces considérations, on peut admettre les conventions ci-dessus, en ce qui concerne la position de la bouche et le « volume normal pour les essais téléphonométriques », bien que les résultats de mesure des dimensions de têtes en Europe aient donné, surtout pour les angles α et β, des valeurs moyennes sensiblement différentes de celles qui figurent ci-dessus, tout en restant cependant dans l'intervalle de variation en service des valeurs mesurées. (En effet, les valeurs moyennes statistiques trouvées en Europe à la suite de nombreuses mesures effectuées dans divers pays et qui ont été adoptées pour les déterminations d'A.E.N. au Laboratoire du C.C.I.F. sont :

$$\alpha = 22° \qquad \beta = 12°54' \qquad \delta = 13{,}6 \text{ cm},$$

tandis que les valeurs conservées pour les mesures d'équivalents de référence sont :

$$\alpha = 15°30' \qquad \beta = 18° \qquad \delta = 14 \text{ cm}.$$

ARCHIVES U.I.T. GENÈVE

3.4.3 Mesure de l'équivalent de référence de l'effet local

Il y a lieu de considérer deux sortes d'effet local : l'effet local pour la parole et l'effet local pour les bruits de salle.

La détermination de l'équivalent de référence de l'effet local pour la parole doit être effectuée à la voix ou au moyen de dispositifs équivalents : la puissance vocale à utiliser pour ces essais est la « puissance vocale normale pour les mesures téléphonométriques ».

La détermination de l'équivalent de référence de l'effet local pour les bruits de salle doit être effectuée avec l'intensité acoustique subjective de référence pour les bruits de salle.

Quand on donne un résultat de mesure d'équivalent de référence de l'effet local d'un appareil téléphonique, on doit aussi indiquer la valeur de l'impédance à laquelle cet appareil téléphonique était raccordé pendant la mesure, l'intensité du courant d'alimentation microphonique et les équivalents de référence de cet appareil téléphonique à l'émission et à la réception.

a) S'il s'agit de l'effet local pour la parole, on effectue une mesure téléphonométrique de l'équivalent de référence de l'effet local (mesure à la voix et à l'oreille) en parlant, dans un local silencieux, dans le microphone du poste considéré, la bouche se trouvant à la « distance normale de conversation » du diaphragme du microphone (voir ci-dessus), tandis que le récepteur de ce poste est placé à distance dans la cabine silencieuse où l'on compare l'audition dans ce récepteur à l'audition dans le récepteur du système fondamental de référence (ou dans le récepteur d'un système étalon de travail d'équivalent de référence connu).

L'égalité des impressions sonores est obtenue en agissant sur la « ligne d'équilibre ». Un affaiblisseur secret placé à proximité de la position d'émission permet de modifier à volonté, avant la mesure et à l'insu de l'opérateur qui écoute, la valeur apparente de l'efficacité du système S.F.E.R.T. complet. La valeur de l'équivalent de référence de l'effet local du système téléphonique est égal à la somme $S+Q$ des valeurs de l'affaiblissement des lignes « secret » et « équilibre ».

b) Pour la mesure de l'équivalent de référence de l'effet local d'un poste téléphonique pour les bruits de salle, on devrait en toute rigueur utiliser comme source sonore, dans la comparaison auditive entre le système fondamental de référence (ou un système étalon de travail calibré), d'une part, et le système local allant du microphone au récepteur à l'intérieur du poste téléphonique considéré, d'autre part, un « bruit de salle normal » produit par un haut-parleur placé à une distance spécifiée du microphone.

La source de bruit peut être constituée par exemple, par un lecteur électromagnétique (pick-up) parcourant un disque phonographique sur lequel des bruits de salle typiques ont été préalablement enregistrés. Le C.C.I.F., ayant adopté un bruit de salle de référence pour la détermination des A.E.N. (voir la section 3.1.4 ci-dessus), conseille d'utiliser un tel bruit.

La technique de mesure utilisée au Laboratoire du C.C.I.F. est indiquée dans la figure 38 ci-après, où on remplace la voix humaine par une source de bruit donnant à l'emplacement des deux microphones (1 et 2) le bruit de salle de référence.

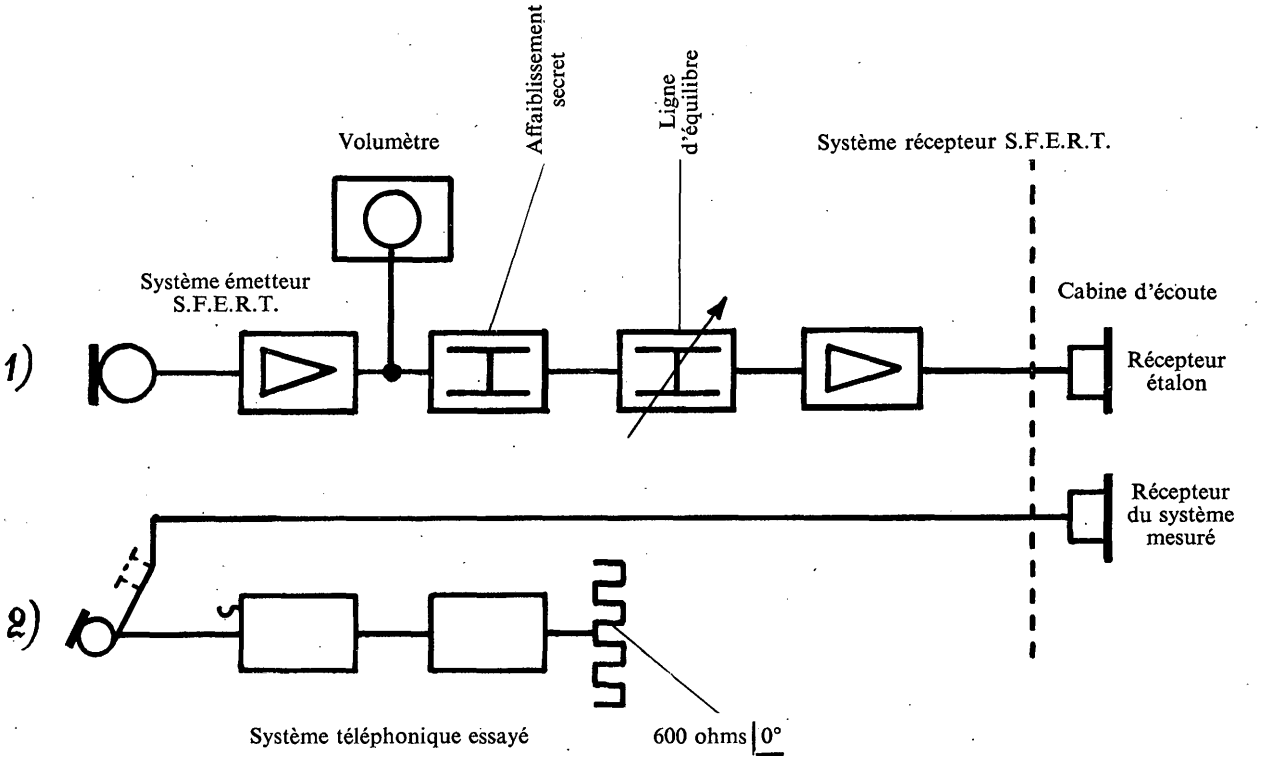


FIGURE 38. — *Mesure de l'équivalent de référence de l'effet local d'un système téléphonique commercial*

Remarque. — Le C.C.I.F. étudie à l'heure actuelle les conditions d'essais ainsi qu'une technique de mesure pour déterminer l'équivalent de référence de l'effet local pour la parole et pour le bruit de salle.

3.4.4 Méthodes de détermination subjective de la qualité de transmission

1. — *Essais d'observation des répétitions.*

Un des critères utilisés pour apprécier la qualité de la transmission en service est basé sur l'observation des répétitions au cours des conversations téléphoniques échangées dans les conditions du service commercial.

Il n'existe pas de mesure directe des équivalents de transmission effective ayant fait l'objet d'un accord international.

En ce qui concerne les circuits téléphoniques interurbains, on se borne à la mesure individuelle des diverses « réductions de qualité de transmission » dues respectivement aux bruits de circuit, aux distorsions, etc., sans même être sûr que l'on puisse toujours obtenir d'une manière très approchée par le calcul la valeur de l'équivalent de transmission effective d'un circuit interurbain, par exemple en ajoutant l'« équivalent de référence » du circuit (lequel est approximativement égal à l'« équivalent » pour 800 ou 1000 Hz) aux réductions de qualité de transmission dues aux distorsions (distorsion d'affaiblissement, distorsion de phase, distorsion de non-linéarité) du circuit et aux réductions de qualité de transmission dues aux divers bruits (bruits induits, bruits de récepteurs, bruits de diaphonie, etc.), ces « réductions de qualité de transmission » étant définies comme il a été indiqué dans la première partie du présent ouvrage et mesurées comme il est indiqué ci-après.

Pour mesurer à l'aide du taux de répétition (repetition rate), la réduction de qualité de transmission due, par exemple, à un certain bruit de circuit existant sur un circuit téléphonique interurbain, la méthode employée est la suivante :

On note pendant une durée suffisamment longue (par exemple 50 000 à 100 000 secondes) les répétitions de l'un ou l'autre des correspondants causant sur un circuit d'essai d'équivalent de référence constant q dans lequel on introduit successivement diverses valeurs d'un bruit artificiel de même constitution que le bruit de circuit considéré, mais d'intensité réglable ; on trace la courbe du taux de répétition (nombre de répétitions par 100 secondes) en fonction de l'intensité du bruit de circuit artificiel.

D'autre part, on augmente l'équivalent de référence du circuit d'essai (lequel reste alors silencieux) à partir de la valeur q et on trace la courbe du taux de répétition en fonction de l'accroissement Δq de l'équivalent de référence du circuit d'essai.

En rapprochant ces deux courbes, on peut déterminer l'accroissement d'équivalent de référence du circuit d'essai qui produit la même augmentation du taux de répétition que le bruit de circuit d'intensité et de constitution déterminées que l'on considère : cet accroissement d'équivalent de référence Δq est égal à la réduction de qualité de transmission due à ce bruit de circuit, exprimée en unités de transmission (népers ou décibels).

Le circuit d'essai que l'on utilise pour les mesures dans cette méthode doit reproduire les conditions moyennes d'une communication commerciale interurbaine typique. Chaque Administration ou Exploitation privée le constitue en

employant les systèmes émetteur et récepteur de son propre système étalon de travail (avec le bruit de salle typique) et en reliant ces systèmes émetteur et récepteur par un circuit (ou mieux une ligne artificielle) d'affaiblissement réglable et semblable à tous égards au circuit interurbain considéré (notamment au point de vue des diverses distorsions), sauf que ce circuit (ou ligne artificielle) utilisé pour les mesures est silencieux (sans bruit de circuit).

La méthode d'observation des répétitions indiquée ci-dessus peut être adaptée à la mesure de la réduction de qualité de transmission due à une certaine distorsion (par exemple : limitation de la bande des fréquences effectivement transmises, ou distorsion d'affaiblissement) du circuit interurbain considéré, à condition de prendre comme variable, non plus le bruit de circuit, mais la grandeur caractérisant l'importance de la distorsion considérée (dans l'exemple ci-dessus, la largeur de la bande des fréquences effectivement transmises par le circuit interurbain).

Dans le cas d'une telle mesure, le circuit d'essai utilisé comprendra (en dehors des systèmes émetteur et récepteur du système étalon de travail avec le bruit de salle typique) une ligne artificielle avec un bruit de circuit artificiel semblable à celui du circuit interurbain, et dont toutes les autres caractéristiques seront également semblables à celles de ce circuit interurbain, sauf que cette ligne artificielle ne présentera pas la distorsion du type considéré.

2. — *Essais d'appréciation immédiate* (Immediate appreciation)

La méthode des essais d'appréciation immédiate est décrite dans l'Annexe 23 du *Livre d'annexes* au tome IV du *Livre Vert*.

3. — *Autres méthodes*

A titre d'exemple, l'Annexe 24 du *Livre d'annexes* au tome IV du *Livre Vert* décrit une méthode employée par l'Administration britannique pour déterminer subjectivement la qualité de transmission téléphonique.

3.5 MÉTHODES D'ÉVALUATION DE LA QUALITÉ DE TRANSMISSION SUR LA BASE DE MESURES OBJECTIVES

Ces méthodes de mesure sont en cours d'étude au C.C.I.F. :

Une méthode qui a été employée par l'Administration suisse est décrite dans l'Annexe 25 du *Livre d'annexes* au tome IV du *Livre Vert*.

Une description sommaire d'une nouvelle méthode, pour évaluer les « indices relatifs de qualité de transmission » de communications complètes à partir des résultats de mesures objectives, qui est actuellement à l'étude par l'American Telephone and Telegraph Company, fait l'objet du document « C.C.I.F. — 1952/1954 — 4me C.E. — Document nº 58 » (voir aussi dans le tome I du *Livre Vert*, p. 392, l'Annexe 5 à la question nº 7 de la liste des questions à étudier par la 4me C.E. en 1955/1957).

Une description plus détaillée et plus complète de cette méthode est donnée dans le *Bell System Technical Journal* (numéro de mai 1955).

3.6 MESURES EFFECTUÉES POUR LA MAINTENANCE DES APPAREILS TÉLÉPHONIQUES D'ABONNÉ ET POUR LEUR RÉCEPTION EN USINE

3.6.1 Maintenance des équipements d'abonné

En vue d'obtenir une bonne transmission dans les relations internationales, le C.C.I.F. recommande d'essayer périodiquement chaque équipement d'abonné.

Il existe différents procédés pour effectuer, à partir d'un central urbain, la vérification d'installations d'abonné en fonctionnement, à l'aide de mesures subjectives ou objectives.

Les principaux de ces procédés sont les suivants :

1. *Mesures subjectives.* — *a)* essai rapide de conversation ; *b)* essai téléphonométrique complet.

2. *Mesures objectives.* — On peut envisager également une maintenance basée sur les procédés utilisés pour la réception en usine. (Cette forme de maintenance ne fait pas intervenir le central urbain.)

1. Mesures subjectives

a) *Essai rapide de conversation.* — Cette méthode est employée notamment aux Etats-Unis d'Amérique (par l'American Telephone and Telegraph Company) et en Suisse. En outre, en Grande-Bretagne, on apprécie la qualité de transmission des appareils téléphoniques de cabines publiques et d'installations d'abonné avec postes supplémentaires par une conversation avec l'agent de la table d'essai au central téléphonique *.

Toutefois, l'American Telephone and Telegraph Company prévoit qu'avec le système qu'elle se propose d'adopter pour évaluer la qualité de transmission **, il deviendra commode de mesurer la qualité de transmission en service d'appareils et de lignes d'abonné en l'exprimant sous la même forme que pour les études techniques de construction. On s'attend donc à ce que dans l'avenir les essais effectués en service prennent plus d'importance, pour des recherches statistiques sur la qualité de transmission, sinon pour la maintenance.

b) *Essai téléphonométrique complet.* — Cette méthode ne semble plus être appliquée.

2. Mesures objectives

a) *Mesures à partir de la table d'essais.* — En Suisse, la vérification de la qualité de transmission se fait d'une manière subjective par un échange de conversation avec la table d'essai que possède le service des dérangements de chaque central téléphonique interurbain. A partir de cette table d'essai, on procède aussi aux mesures et vérifications des lignes d'abonné au point de vue de l'isolement, de la résistance ohmique, de la transmission des signaux de sélection, etc.

---

* L'Administration britannique estime que le coût de l'application d'une maintenance préventive à d'autres types de postes téléphoniques ne serait pas justifié.

** Voir § 3.5 ci-dessus.

b) Mesures électriques de caractère général. — Pour vérifier la qualité de transmission des appareils téléphoniques d'abonné en service, l'Administration néerlandaise utilise les mêmes appareils et méthodes de mesure que pour le contrôle en usine ; toutefois, il est entendu que les limites admissibles sont un peu plus larges. Ces méthodes de mesure sont décrites dans la section 3.6.2 ci-après.

c) *Emploi d'appareils de mesure spéciaux pour le contrôle des appareils téléphoniques.* — L'Administration de la République fédérale d'Allemagne emploie la méthode suivante.

L'essai des appareils téléphoniques, pour vérifier la qualité de transmission des appareils téléphoniques d'abonnés en service, s'applique principalement à la mesure des capsules microphoniques et réceptrices, parce que leur qualité de transmission dépend beaucoup du matériel employé et de la qualité de fabrication. Pour les capsules microphoniques et réceptrices on a fixé des spécifications dont le respect est vérifié au moyen de l'appareil pour la mesure objective des équivalents de référence décrit dans l'Annexe 21 du *Livre d'annexes* au tome IV du *Livre Vert.*

L'appareil pour la mesure objective des équivalents de référence permet la mesure objective des équivalents de référence des capsules microphoniques et réceptrices. Pour les capsules microphoniques, on mesure, en même temps que l'équivalent de référence, la distorsion de non-linéarité et le bruit de microphone à l'aide de la tension parasite de modulation. En outre, il est possible de vérifier la caractéristique « efficacité-fréquence » à l'aide d'un hypsoscope. Une description détaillée de la construction de l'appareil pour la mesure objective des équivalents de référence est jointe en annexe.

Les capsules microphoniques sont, d'après leur sensibilité, divisées en groupes par échelons de 0,4 N, et les capsules réceptrices en groupes par échelons de 0,3 N. Ces groupes correspondent, d'une part, pour les capsules microphoniques, aux valeurs d'équivalent de référence à l'émission 0,9 à 0,5 N, 0,5 à 0,1 N, et 0,1 à −0,3 N, et d'autre part, pour les capsules réceptrices, aux valeurs d'équivalent de référence à la réception 0 à −0,3 N, −0,3 à −0,6 N et −0,6 à −0,9 N. On utilise ensuite cette répartition en groupes pour associer les capsules aux groupes de lignes d'abonné correspondants (résistance de la ligne en boucle 0 à 250 ohms, 250 à 500 ohms, et 500 à 750 ohms).

Pour le groupement, les capsules sont caractérisées par les chiffres I, II ou III, marqués par estampage. De cette manière, il est possible non seulement de compenser des valeurs trop élevées d'équivalent de référence des lignes d'abonnés, mais aussi, lors du remplacement des capsules à l'occasion de la révision du poste téléphonique, de constater si les capsules n'ont pas subi de changement après leur mise en service. Dans ce but, l'agent chargé de localiser les dérangements doit toujours avoir sur lui des capsules des différents groupes : les capsules qu'il a enlevées des postes d'abonné sont vérifiées au moyen de l'appareil pour la mesure objective des équivalents de référence du dépôt de matériel de la Direction supérieure des postes, dans le but de déterminer si elles peuvent encore être utilisées.

La mesure et le groupement des capsules microphoniques et réceptrices à l'aide de l'appareil pour la mesure objective des équivalents de référence sont déjà introduits dans l'Administration fédérale allemande des postes et télécommunications depuis plusieurs années. Chaque Direction supérieure des postes a, dans son dépôt de matériel de télécommunication, un tel appareil de mesure

desservi par du personnel féminin non spécialisé. La précision de mesure est si grande que, lors de mesures de la même capsule avec différents appareils de mesure, les différences sont inférieures à 0,1 N. Le groupement des capsules et leur adaptation exacte aux postes téléphoniques peuvent, ainsi que l'expérience l'a montré jusqu'à présent, être réalisés sans difficulté et sont considérés par le personnel du service téléphonique, surtout par les agents chargés de la localisation des dérangements, comme étant un grand progrès parce que tous ont pu s'assurer que par ce groupement il est possible de compenser les variations de l'intensité sonore à la réception pour différentes longueurs de la ligne d'abonné. Un pourcentage important des capsules en service (environ 1/3 des capsules microphoniques et 1/6 des capsules réceptrices) a dû être remplacé, ce qui a entraîné une grande amélioration de la qualité de transmission. On a pu constater que la plupart des capsules microphoniques en service ne répondaient plus aux conditions actuelles. Ceci s'applique aussi aux capsules réceptrices, mais dans des proportions moindres.

3.6.2 **Réception en usine des appareils d'abonné**

Les méthodes utilisées dans divers pays sont décrites ci-après à titre d'information.

DANEMARK

En dehors d'une inspection et d'un examen quant à la partie mécanique, l'appareil est soumis à l'essai de transmission suivant :

Le combiné est placé sur un support contenant une source sonore (bouche artificielle) et un microphone (oreille artificielle).

Avec un générateur de 800 ohms appliqué aux bornes de l'appareil, on mesure la pression acoustique produite par le récepteur téléphonique, et elle apparaît sur un oscillographe à rayons cathodiques, en fonction de la fréquence, dans la bande des fréquences de 300 à 3400 Hz. De cette manière est créé un contrôle simultané de la capsule réceptrice et du circuit électrique à la réception.

Un pont d'alimentation et une impédance de 800 ohms étant connectés aux bornes de l'appareil, la tension appliquée aux bornes est mesurée, pendant qu'une pression acoustique constante de 20 baryes, provenant de la source sonore, est appliquée au microphone. La tension fournie apparaît sur un oscillographe à rayons cathodiques, en fonction de la fréquence, dans la bande des fréquences de 300 à 3400 Hz. De cette manière est créé un contrôle simultané de la capsule microphonique et du circuit électrique à l'émission.

L'oscillographe est muni d'un gabarit transparent sur lequel sont tracées les courbes limites pour l'émission et la réception respectivement, c'est-à-dire les courbes moyennes ± 2 db.

ETATS-UNIS D'AMÉRIQUE

En dehors des mesures faites sur les diverses parties constitutives de l'appareil téléphonique, les principales mesures effectuées en usine sur les appareils téléphoniques d'abonné par l'American Telephone and Telegraph Company sont les suivantes :

1. Une fois que le montage du combiné est terminé :

   a) on détermine à la fois la forme et le niveau des caractéristiques « efficacité-fréquence » du microphone et du récepteur au moyen d'un tube à rayons cathodiques sur l'écran duquel sont tracées des courbes correspondant aux limites de tolérance ;

   b) on mesure la résistance en courant continu du microphone à charbon, pour laquelle ont été fixées des limites supérieure et inférieure.

2. Quand le poste téléphonique est complètement monté :

   a) on essaye le fonctionnement de la sonnerie, une tension d'entrée donnée lui étant appliquée ;

   b) pour vérifier la continuité des circuits, plutôt que pour déceler des appareils défectueux, on applique par voie acoustique au microphone un son hululé destiné à l'agiter et l'on mesure :

      1) la tension de sortie appliquée à une ligne artificielle représentant la ligne d'abonné,

      2) la pression acoustique produite par le récepteur et transmise par la voie d'effet local.

Les mesures énumérées ci-dessus sont effectuées sur tous les postes et non par prélèvement.

PAYS-BAS

L'Administration néerlandaise a mis à la disposition des fournisseurs un appareil de mesure à l'aide duquel ils doivent examiner l'efficacité de chaque capsule microphonique ou réceptrice, livrée à cette Administration.

En outre, il faut mesurer la résistance de chaque capsule microphonique, tandis que le microphone est soumis, dans une chambre acoustique, à un bruit blanc dont le spectre de fréquences est réduit à la bande de 300 à 3400 Hz. Le microphone se trouve dans un circuit électrique, qui, tant pour le courant alternatif que pour le courant continu, est équivalent à la situation moyenne réelle dans laquelle le microphone se trouve dans le réseau téléphonique. La résistance est aussi mesurée dans la position en courant telle que celle-ci se présente dans la pratique. La tension de bruit fournie par le microphone est mesurée à l'aide d'un voltmètre à courant continu se trouvant dans un circuit Graztz. Le voltmètre indique approximativement la valeur efficace.

Pour mesurer le récepteur téléphonique, on applique le principe de réciprocité en appliquant par voie acoustique le bruit blanc au récepteur et en mesurant la tension engendrée par ce récepteur.

Dans ce cas aussi, le récepteur est placé dans un circuit qui a la même impédance nominale que celle de l'appareil téléphonique normal.

Les niveaux mesurés ainsi fournissent toujours une répartition statistique où l'Administration a exigé qu'aucune capsule microphonique ou réceptrice ne soit acceptée qui s'écarte de plus de ± 3 décibels de la moyenne. Le niveau absolu de la moyenne est également fixé par l'Administration.

Quant à la caractéristique « efficacité-fréquence » les constructeurs sont obligés de garantir, pour chaque capsule, que celle-ci répond aux tolérances pré-

cisées dans la norme de l'Administration. L'expérience a démontré que l'Administration néerlandaise pourra se borner à vérifier de temps en temps par sondage si lesdites prescriptions concernant la caractéristique « efficacité-fréquence » sont observées. En général, l'Administration emploie pour le contrôle les mêmes appareils de mesure qui sont utilisés en usine. Les instruments de mesure à utiliser par le fournisseur pour l'exécution du contrôle final en usine devront avoir été approuvés par l'Administration. En outre, l'Administration s'est réservé le droit de faire mesurer les microphones et récepteurs en usine.

Les qualités de transmission de chaque bobine d'induction devront être garanties par le constructeur. Celui-ci pourra effectuer son contrôle pendant la fabrication de la façon approuvée par l'Administration néerlandaise.

RÉPUBLIQUE FÉDÉRALE D'ALLEMAGNE

Pour l'essai fait au point de vue de la technique de la transmission, l'Administration fédérale allemande des postes et télécommunications utilise, pour la réception des appareils téléphoniques d'abonné dans ses dépôts de matériel de télécommunication, l'appareil pour la mesure objective des équivalents de référence décrit dans l'Annexe 21 du *Livre d'annexes* au tome IV du *Livre Vert*. On a pu constater qu'en cas de bonne fabrication, il ne se présente guère de défauts de montage des appareils téléphoniques. Il suffit donc de faire des épreuves au hasard lors de la réception. Néanmoins, à la livraison, toutes les capsules microphoniques et réceptrices sont encore mesurées et groupées comme il est indiqué ci-après. En outre, tous les appareils téléphoniques remis en état doivent être essayés, ce qui est facile à faire, étant donné qu'il s'agit généralement d'un petit nombre d'appareils.

Au cours de l'essai des appareils téléphoniques, on mesure, à l'aide de l'appareil pour la mesure objective des équivalents de référence, l'équivalent moyen à l'émission et à la réception entre les fréquences limites de 200 et de 4000 Hz. On remplace par une résistance de 600 ohms les résistances de la ligne, du récepteur et du microphone.

ROYAUME-UNI DE GRANDE-BRETAGNE ET D'IRLANDE DU NORD

Principes généraux. — Les procédés de fabrication et les mesures effectuées par le constructeur sont sujets à être inspectés à tout moment par le service acheteur. Des mesures de réception sont effectuées sur chaque appareil fabriqué, ou sur des échantillons prélevés au hasard, à la discrétion du service acheteur. La nature des mesures de réception est fixée par accord entre le service acheteur et le constructeur avant que la commande ne soit passée.

Mesures électroacoustiques sur les microphones et récepteurs téléphoniques. — Des étalons de travail du même type que les appareils à acheter sont maintenus par le service acheteur, en dernier ressort à partir de mesures objectives et de comparaisons subjectives (sur la base de la force des sons) avec un système de transmission de haute qualité qui est lui-même étalonné. Dans les mesures de réception en usine, on a donc seulement besoin de comparer l'efficacité de l'appareil essayé à celle d'un étalon de travail, qui a servi à étalonner l'appareil de mesure. Par suite,

ces mesures ne sont pas très sensibles aux caractéristiques de l'appareil de mesure. On admet les variations des appareils utilisés pour les mesures de réception dans les usines de différents constructeurs, qui peuvent prendre la forme d'un instrument de mesure de type simple utilisant une seule large bande de fréquences, ou d'un instrument de mesure à plusieurs bandes utilisant un certain nombre de bandes de fréquences relativement étroites, ou d'un traceur de courbe qui fait apparaître sur l'écran d'un oscilloscope à rayons cathodiques la caractéristique « efficacité-fréquence » de l'appareil essayé.

Pour les microphones, l'instrument de mesure de type simple comprend un générateur de courant (correspondant à un son hululé ou à un bruit à spectre continu) qui alimente un haut-parleur ou une bouche artificielle. Le microphone a subi un traitement préalable, il est placé dans une position normalisée et l'on observe au moyen d'un voltmètre la tension de sortie qu'il applique à un circuit normalisé. Des appareils de mesure de ce type simple sont d'un emploi général, mais on emploie aussi un nombre limité de traceurs de courbe. Ces deux types d'appareils donnent une indication de l'efficacité globale ; les renseignements supplémentaires fournis par le traceur de courbe peuvent fournir une aide utile au constructeur en lui donnant sans tarder des renseignements sur tout écart, par rapport à la normale, dans le processus de fabrication.

Pour la mesure des récepteurs téléphoniques, le générateur de courant alimente le récepteur mesuré, qui est placé sur une oreille artificielle ; on observe au moyen d'un voltmètre la tension de sortie de l'oreille artificielle appliquée à un circuit normalisé. Le type de construction d'une oreille artificielle pour les essais en usine est mentionné dans un article sur les microphones à sonde publié par R. B. Archbold dans le *Post Office Electrical Engineers' Journal*, vol. 45, p. 145, janvier 1953. Pour le type de récepteur téléphonique d'abonné fabriqué normalement, on a spécifié des mesures de réception avec un appareil de mesure à trois bandes de fréquences.

On mesure les appareils téléphoniques complets d'une façon analogue à celle qui a été décrite pour les microphones et les récepteurs téléphoniques, mais dans une seule bande de fréquences. Toutefois, les circuits normalisés avec lesquels on les mesure peuvent être différents. On mesure aussi les caractéristiques d'effet local des postes téléphoniques en utilisant une seule bande de fréquences.

SUISSE

Tous les appareils d'abonné, y compris les pièces de rechange achetées par l'Administration suisse des téléphones, sont soumis à un contrôle de réception. Ce travail est confié à la section de contrôle du matériel du Laboratoire de recherches et d'essais de la direction générale des PTT.

Certaines pièces des appareils d'abonné sont achetées par l'Administration et, après vérification, remises aux fournisseurs intéressés pour le montage. Ainsi, les microphones à charbon et les récepteurs sont mesurés au moyen d'un appareil à contrôler les capsules. On contrôle les contacts et, par un procédé stroboscopique, la vitesse de retour et le rapport d'impulsions des cadrans d'appel. On mesure la capacité et la résistance d'isolement des condensateurs. La poignée du combiné et divers cordons sont également soumis à un contrôle.

L'appareil monté (sans le combiné) est soumis à un essai de service qui garantit le fonctionnement parfait du cadran d'appel, de la sonnerie, des parties émettrice et réceptrice. On contrôle en outre le montage mécanique, le câblage et diverses résistances.

Cette section de contrôle du matériel a en outre pour tâche de contrôler le matériel renvoyé comme défectueux par les centraux. Le contrôle se fait au moyen des mêmes appareils que ceux utilisés pour les essais de réception. C'est ainsi qu'on mesure en particulier, au moyen de l'appareil à contrôler les capsules, les capsules microphoniques et réceptrices qui, pour une raison quelconque, ne donnent plus entière satisfaction dans l'exploitation.

A l'exception des contrôles de microphones à charbon et de récepteurs, il s'agit de méthodes relativement simples et connues.

Les récepteurs, et surtout les microphones à charbon, sont des éléments qui peuvent se modifier à l'usage et dont les propriétés de transmission, contrairement au reste du poste téléphonique, présentent une assez grande dispersion.

Pour le contrôle en série des récepteurs et des microphones à charbon, on dispose d'un appareil à contrôler les capsules spécialement conçu à cet effet. Les fournisseurs de capsules de l'Administration suisse possèdent, soit le même appareil, soit un appareil analogue.

Cet appareil est décrit dans l'Annexe 22 du *Livre d'annexes* au tome IV du *Livre Vert*.

Un émetteur d'essai fournit deux tensions sinusoïdales : une de 500 Hz et une seconde qui balaie la bande de fréquences de 4000 à 300 Hz cinq fois par seconde. L'échelle des fréquences de 300 à 4000 Hz est à peu près logarithmique.

Contrôle d'une capsule réceptrice. — Le récepteur est fixé sur un support de capsule et alimenté à travers un poste modèle 29 par une tension sinusoïdale de 500 Hz. En plus de cette tension, on peut faire traverser le récepteur par un courant continu dont le sens peut être commuté. Un contrôle subjectif montre si le facteur de distorsion du récepteur est petit et si le centrage du système d'entraînement de la membrane est correct.

Le support de capsule avec le récepteur est placé ensuite dans l'oreille artificielle et alimenté par un son hululé de 4000 à 300 Hz. L'oreille artificielle se compose d'un microphone à condensateur, d'une cavité de couplage et d'amplificateurs.

Pour obtenir une mesure exacte de l'intensité du son qui correspond à l'impression subjective, l'instrument de mesure de l'équivalent de référence tient compte des composantes aux différentes fréquences d'après une loi d'addition des racines carrées, détermine une valeur moyenne dans le temps et indique immédiatement l'équivalent de référence. Sur l'écran d'un tube à rayons cathodiques, on peut voir la caractéristique « efficacité-fréquence » de la capsule.

La capsule réceptrice est considérée comme bonne lorsque l'essai de distorsion (500 Hz) est satisfaisant et quand l'équivalent de référence se trouve dans les limites de $+0{,}3$ et $-0{,}2$ néper. En outre, la caractéristique « efficacité relative-fréquence » doit être comprise dans le gabarit placé devant l'écran du tube à rayons cathodiques.

Contrôle d'un microphone à charbon. — Le microphone à charbon est placé dans un dispositif de maintien pourvu d'un couvercle qui assure un certain affaiblissement du bruit de salle. Le microphone est alimenté par un courant continu

d'environ 50 mA mais aucun son ne lui est encore appliqué. On fait alors tourner à la main le dispositif de maintien portant la capsule. Le déplacement de la poudre de charbon qui en résulte provoque dans le microphone une tension perturbatrice capable d'allumer une lampe luminescente (tension d'allumage 6 mV de crête). Quand on fait tourner la capsule, la lampe s'allume généralement, mais avec un bon microphone, elle doit s'éteindre dès que celui-ci est au repos. Ce contrôle relativement simple permet d'exclure les microphones (en particulier les microphones usagés) qui ont tendance à provoquer des perturbations.

Après avoir ôté le couvercle du support de capsules, on place le microphone dans la chambre acoustique où un son hululé de 4000 à 300 Hz lui est appliqué. La pression acoustique est commandée au moyen d'un microphone à condensateur en liaison avec un amplificateur réglable.

Les valeurs suivantes sont indiquées simultanément : équivalent de référence, résistance en courant continu, modulation perturbatrice et caractéristique « efficacité-fréquence ». L'équivalent de référence se mesure de la même manière que pour les capsules réceptrices d'après une loi d'addition des racines carrées. Comme autre critère de qualité, on mesure la modulation pertubatrice des microphones, pendant qu'ils sont soumis au champ acoustique de 4000 à 300 Hz. Cette tension pertubatrice, mesurée à la sortie d'un filtre passe-haut (fréquence de coupure 5000 Hz), représente une mesure des bruits perturbateurs se produisant dans l'exploitation.

Une capsule microphonique est considéré comme bonne quand elle a satisfait à l'essai de bruit, quand l'équivalent de référence se trouve dans les limites de $+0{,}4$ et $-0{,}2$ néper, quand la résistance en courant continu est comprise entre 40 et 90 ohms, quand la modulation perturbatrice ne dépasse pas la valeur de 15 mV et quand la caractéristique « efficacité relative-fréquence » se trouve dans les limites du gabarit placé devant l'écran du tube à rayons cathodiques.

Les amplificateurs de l'appareil à contrôler les capsules peuvent être étalonnés au moyen de dispositifs compris dans cet appareil. L'incertitude sur la mesure d'équivalent de référence est d'environ $\pm 0{,}05$ néper.

Ces appareils sont destinés au contrôle en série des capsules microphoniques et réceptrices normales employées par l'Administration suisse. Pour mesurer n'importe quel type de poste téléphonique, on dispose d'un système de référence pour la transmission téléphonique.

3.7 BIBLIOGRAPHIE CONCERNANT LES SUJETS TRAITÉS DANS LE TOME IV DU « LIVRE VERT »

ABRÉVIATIONS

a) PUBLICATIONS EN LANGUE ALLEMANDE

Arch. Techn. Mess.	*Archiv für Technisches Messen*
Fernmeld. Zeitschr.	*Fernmeldetechnische Zeitschrift*
N.W.D.R. — Techn. Hausmitt. Siem. Z. . . .	*Siemens Zeitschrift*
Telegr. u. Fernspr. Techn.	*Telegraphen- und Fernsprech-Technik*

b) PUBLICATIONS EN LANGUE ANGLAISE

Grande-Bretagne

J.I.E.E.	*Journal of the Institution of Electrical Engineers*
J.P.O.E.E.	*The Post Office Electrical Engineers' Journal.*
Proc. Roy. Soc.	*Proceedings of the Royal Society*

Japon

Elect. Comm. Lab. Tech. Jour.	*Electrical Communication Laboratory Technical Journal*
Jour. Inst. Elect. Comm. Engrs. of Japan	*Journal of the Institute of Electrical Communication Engineers of Japan*
Monthly Jour. Elect. Comm. Lab.	*Monthly Journal of the Electrical Communication Laboratory*

Etats-Unis d'Amérique

J.A.S.A.	*Journal of the Acoustical Society of America*

1. **Généralités ; théorie des communications**

Articles en langue anglaise, publiés en Grande-Bretagne

D. GABOR. — Theory of Communication. *J.I.E.E.*, 93. Part III (1946), p. 429.
D. GABOR. — New Possibilities in Speech Transmission. *J.I.E.E.* 94 (1947), p. 369.
J.D. WESTON. — A Note on the Theory of Communication. *Philosophical Magazine*, 40 (1949), p. 449.
E.C. CHERRY. — A History of the Theory of Information. *J.I.E.E.*, 98, Part III (1951), p. 385.
R.J. HALSEY et J. SWAFFIELD. — Analysis — Synthesis Telephony with Special Reference to the Vocoder. *J.I.E.E.*, 95, Part III (1948), p. 391.

2. **Acoustique physiologique**

Articles en langue anglaise, publiés en Grande-Bretagne

J.W. HUGHES. — The Threshold of Audition for Short Periods of Stimulation. *Proc. Roy. Soc. B*, 133 (1946), p. 486.
T. GOLD et P.J. HUMPHREY. — Hearing. *Proc. Roy. Soc.*, 135 (1948), p. 462.
R.S. DADSON et J.W. KING. — A Determination of the Normal Threshold of Hearing and its Relation to the Standardization of Audiometers. *Journal of Laryngology and Otology*, 66 (1952), p. 366.

3. **Mesure du volume des sons vocaux ; courbe spectrale énergétique de la voix humaine**

Publications en langue allemande

M. BIDLINGMAIER. — Der neue Aussteuerungsmesser. *Frequenz*, 4 (1950), H. 6.
Deutsches Normenblatt DIN 5045 : Messgerät für DIN-Lautstärken.
H. GERLING. — Lautstärkemessungen und der DIN-Lautstärkemesser, ein neues akustisches Messgerät. *Siem. Z.*, 21 (1941), p. 149.
M. GOSEWINKEL. — Lautstärkemessung. *Arch. Techn. Mess.*, V. 55-4 (1948).

Articles et ouvrages en langue anglaise, publiés aux Etats-Unis d'Amérique

L.J. SIVIAN. — Speech power and its measurement. *Bell System Technical Journal*, nº 8 (1929), p. 646-61.
H.K. DUNN et S.D. WHITE. — Statistical Measurement on Conversational speech. *J.A.S.A.*, nº 11 (1940), p. 278-88.
N.R. FRENCH et J.C. STEINBERG. — Factors Governing the Intelligibility of Speech Sounds. *J.A.S.A.*, nº 19 (1947), p. 90-119.
L.L. BERANEK. — *Acoustic Measurements*, chap. 9. John Wiley, New York, 1949.

Articles èn langue anglaise, publiés en Grande-Bretagne

D.C. WALKER, D.L. RICHARDS et G.P. HORTON. — Design of Square-Law Rectifier Circuits for Measuring Instruments. *J.P.O.E.E.*, 43 (1950), p. 74.
G.P. HORTON. — A Speech Spectrum Analyser. *J.P.O.E.E.*, 41 (1949), p. 188.

Articles en langue anglaise, publiés au Japon

J. YAMATO. — Voice Instantaneous Level Analyzer. *Monthly Jour. Elect. Comm. Lab.*, vol. 7, nº 2 (févr. 1954), p. 81.
Y. NIKAIDO, S. ISHIKAWA et I. TAKASAKI. — Electronic Commutator Tube ECL-1126 for a Voice Instantaneous Level Analyzer. *Monthly Jour. Elect. Comm. Lab.*, Vol. 7, nº 2 (févr. 1954), p. 87.

4. Méthodes d'évaluation subjective de la qualité de transmission téléphonique

Articles en langue allemande, publiés en Allemagne

K.O. SCHMIDT. — Die Grenzen für die Verbesserung der Verständlichkeit im Fernsprechverkehr. *Telegr. u. Fernspr. Techn.*, 33 (1944),
H. PANZERBIETER et A. RECHTEN. — Subjektive Bestimmung der Güte von Fernsprechverbindungen. *Arch. Techn. Mess.*, V, 3719-1, 2 et 3 (1942).
K. BRAUN. — Der Einfluss der Frequenzbanderweiterung auf die Übertragungsgüte. *Telegr. u. Fernspr. Techn.*, 33 (1944), p. 157.

Articles en langue anglaise, publiés en Grande-Bretagne

G.A. CAMPBELL. — Telephonic Intelligibility. *Philosophical Magazine*, 19 (1910), p. 152.
J. COLLARD. — The Accurate Measurement of Articulation. *J.P.O.E.E.*, 23 (1930), p. 25.
W. WEST. — Telephone Transmission Testing by Subjective Methods. *J.P.O.E.E.* 31 (1939), p. 286.
E.J. BARNES, A.E. WOOD et D.L. RICHARDS. — Standards of Transmission and Local Line Limits. *J.P.O.E.E.*, 39 (1947), p. 151, et 40 (1947), p. 8.
L.C. POCOCK. — A survey of the Telephone Transmission Rating Problem. *J.I.E.E.*, 95, Part. III (1948), p. 253.
W.G. RADLEY. — Speech Communication under Conditions of Deafness or Loud Noise. *J.I.E.E.*, 95, Part I (1948), p. 201.
D.B. FRY. — Subjective Measurements in Acoustics. *Nature*, 165 (1950), p. 950.
R.H. DE WARDT. — The Conduct of Articulation Measurements. *J.P.O.E.E.*, 44 (1952), p. 159.

5. Application de méthodes statistiques au contrôle des essais subjectifs

Articles en langue anglaise, publiés en Grande-Bretagne

W.H. GRINSED. — The Statistical Assessment of Standards of Telephone Transmission. *Siemens Magazine*, nº 140 (1937).
J.R. HUGHES. — Comprehensive Assessment of Telephone Communication Efficiency. *J.I.E.E.*, 89, Part III (1942), p. 195.

D.L. RICHARDS. — An Outline of the Principles of Design and Analysis of Experiments. *J.P.O.E.E.*, 44 (1951), p. 55.
D.L. RICHARDS. — Design and Analysis of Subjective Acoustical Experiments which involve a Quantal Response. *Acustica*, 2 (1952), p. 83.

6. **Affaiblissements équivalents pour la netteté (A.E.N.)**

Publication en langue allemande

K. BRAUN. — Die Bedeutung und Bestimmung der Übertragungsgüte im Fernsprechverkehr. *Telegr. u. Fernspr. Techn.*, 29 (1940), p. 147.

7. **Equivalents de référence**

Publications en langue allemande

K. BRAUN. — Die Bezugsdämpfung und ihre Berechnung aus der Restdämpfungskurve (Frequenzkurve) eines Übertragungssystems. *Telegr. u. Fernspr. Techn.*, 28 (1939), p. 311.
K. BRAUN. — Theoretische und experimentelle Untersuchung der Bezugsdämpfung und der Lautstärke ; *Telegr. u. Fernspr. Techn.*, 29 (1940), p. 31.
K. BRAUN. — Ein neuer Bezugsdämpfungsmesser mit objektiver Erregung und Anzeige. *Telegr. u. Fernspr. Techn.*, 29 (1941), p. 229.
K. BRAUN. — Der Lautstärkegewinn bei zweiohrigem Hören und seine Bedeutung. *Telegr. u. Fernspr. Techn.*, 29 (1940), p. 343-345.
K. BRAUN. — Die Bezugsdämpfung einer Fernsprechverbindung und ihre Bedeutung für die Netzplanung. *Telegr. u. Fernspr. Techn.*, 30 (1941), p. 253.
K. BRAUN. — Die Streuung der Sende- und der Empfangsbezugsdämpfung von Fernsprechapparaten. *Telegr. u. Fernspr. Techn.*, 30 (1941), p. 299.
H. KOSCHEL. — *Ein Beitrag zur objektiven Messung der Bezugsdämpfung.* Unveröffentliche Dissertation. T.H. Breslau, Nov. 1943.
K. BRAUN et H. KOSCHEL. — Der Bezugsdämpfungsmessplatz mit direkter Anzeige und seine Bedeutung für die Verbesserung des Fernsprechens. *Fernmeld. Zeitschr.*, 5 (1952), p. 447.
J. GÖSSINGER et O. BÖHM. — Der Bezugsdämpfungsmessplatz zur elektro-akustischen Prüfung von Fernsprechsystemen. *Siem. Z.*, 26 (1952), vol. 8, p. 377.

8. **Systèmes de référence**

Article en langue allemande, publié en Allemagne

W. KÖNIG. — *Annalen der Physik*, volume 43 (1891).

Articles en langue anglaise, publiés en Grande-Bretagne

J. SWAFFIELD et R.H. DE WARDT. — A Reference Telephone System for Articulation Tests. *J.P.O.E.E.*, 43 (1950), p. 1.
E.J. BARNES et W. WEST. — *Journal of the Institution of Electrical Engineers*, vol. 65 (1927), p. 871.
R.A. SCOTT. — *Proceedings of the Royal Society A*, vol. 183 (1945), p. 296.
W. WEST. — *Acoustical Engineering*, chap. XI (1932), Pitman éditeur, London.
W. WEST. — *Proceedings of the Physical Society B*, vol. 62 (1949), p. 437.

Articles en langue anglaise, publiés aux Etats-Unis d'Amérique

H.D. ARNOLD et I.B. GRANDALL. — *Physical Review*, vol. 10 (1917), p. 22.
E.C. WENTE. — *Physical Review*, vol. 19 (1922), p. 333.
S. BALLANTINE. — *Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 3 (1932), p. 319.

Articles en langue anglaise, publiés au Japon

T. HAYASAKA, K. MASUZAWA et M. SUZUKI. — Condenser Microphone Type MR-103. *Monthly Jour. Elect. Comm. Lab.*, vol. 6, nº 11 (juin 1953).
T. HAYASAKA, K. MASUZAWA et M. SUZUKI. — Condenser Microphone made of Metallic Titanium. *Jour. Inst. Elect. Comm. Engrs. of Japan*, vol. 37, nº 3 (mars 1954).

9. **Mesures électroacoustiques objectives**

Publications en langue allemande

A. MARTIN et B. JADEN. — Schnellschreibende Einrichtung zur Untersuchung elektroakustischer Geräte. *Siem. Z.*, 19 (1939), p. 224.
H. KOSCHEL. — Messung der nichtlinearen Verzerrung. *Arch. Techn. Mess.*, V, 3621-6 (1939).
H. PANZERBIETER et A. UBERSCHUSS. — Messung der kennzeichnenden Grössen an Fernsprechmikophonen. *Arch. Techn. Mess.*, V, 375-1 et 2 (1943).
H. BELGER. — Über die Messung und Bewertung von nichtlinearen Verzerrungen. *N.W.D.R.-Techn. Hausmitt.* (1951), p. 15.
H. KOSCHEL et B. HESS. — Mikrophon- und Telephonfertigung unter Einsatz neuzeitlicher Prüfverfahren. *Siem. Z.* 26 (1952), p. 47.
M. GOSEWINKEL. — *Messung der Übertragungseigenschaften von Telefonen, Mikrofonen und Fernsprechern.* Verlag G. Braun, Karlsruhe (1952).

Articles en langue anglaise, publiés au Japon

G. ITO, T. SUGIMOTO et T. OTSUKA. — Response of Carbon Powder in the Telephone Transmitter and its Measurements. *Monthly Journ. Elect. Comm. Lab.*, vol. 3, nº 1 (janv. 1950), p. 46.
S. NISHIYAMA. — Measuring of the Transducing Coefficient between Displacement and Response of Carbon Granule for the Telephone Transmitter. *Hitachi Hyoron*, vol. 23, nº 10 (oct. 1951), p. 849.
H. HIRABAYASHI, H. TOYODA et H. SHIBATA. — Measuring Method of Static Resistance of Transmitter Carbon Powder. *Monthly Jour. Elect. Comm. Lab.*, vol. 5, nº 1 (janv. 1952), p. 36.
G. ITO et S. YAMAZAKI. — Input Mechanical Impedance of Granular Carbon for the Telephone Transmitter. *Monthly Jour. Elect. Elect. Comm. Lab.*, vol. 5, nº 7 (juin 1952), p. 350.
T. KOSHIKAWA. — On the Probe Tube Microphone. *Journal of the Acoustical Society of Japan*, vol. 8 (sept. 1952), nº 3.

10. **Méthodes d'évaluation de la qualité de transmission téléphonique à partir de mesures objectives**

Articles en langue anglaise, publiés en Grande-Bretagne

J. COLLARD. — The Calculation of the Articulation of a Telephone Circuit from the Circuit Constants. *Electrical Communication*, 8 (1930), p. 141.
E.J. BARNES, A.E. WOOD et D.L. RICHARDS. — Standards of Transmission and Local Line Limits. *J.P.O.E.E.* 39 (1947), p. 151 et 40 (1947), p. 8.

Articles en langue allemande, publiés en Suisse

H. WEBER. — Téléphonométrie. *Technische Mitt.*, nº 1 (1946).
H. WEBER. — Beitrag zum Aufbau des Orthotelephonischen Übertragungssystems. *Technische Mitt.*, nº 4 (1946).

11. **Bouches et oreilles artificielles**

Publications en langue allemande

K. BRAUN. — Übertragungsverhältnisse beim Fernsprechen im Vergleich zum natürlichen Hören. *Telegr. u. Fernspr. Techn.*, 32 (1943), p. 49.
K. BRAUN. — Die akustischen Abschlussbedingungen für die Messung der Fernhörer. *Telegr. u. Fernspr. Techn.*, 32 (1943), p. 237.
H. KOSCHEL. — Künstliche Sprache. *Feinwerktechnik*, 54 (1950), p. 313.

Article en langue anglaise, publié en Grande-Bretagne

W. WEST. — An Artificial Ear. *J.P.O.E.E.* 22 (1930), p. 260.

Articles en langue anglaise, publiés aux Etats-Unis d'Amérique

***. — Proposed american standard method for the coupler calibration of earphones. *Am. Stand. Ass. Z.* (20.4.1949).
J.L. GLASER et K.C. MORRICAL. — Comparison of artificial ear couplers, *J.A.S.A.* (1948), p. 771.

Articles en langue française, publiés en France

I. BARDUCCI. — Contribution au problème de l'oreille artificielle pour l'étalonnage des récepteurs téléphoniques. *Annales des Télécommunications* (juin 1951), p. 165.
P. CHAVASSE. — L'oreille artificielle du Centre national d'études des télécommunications. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences* (1950), p. 1390.

Articles en langue française, publiés en Suisse

C.C.I.F. — 1950-1951 — 4me C.E. — Document nº 13, p. 74.
Rapport nº 21. — 100 du 6.9.1950 du Laboratoire de recherches et d'essais de la Direction générale des P.T.T., Suisse.

Articles en langue italienne, publiés en Italie

I. BARDUCCI. — Ricerche sperimentali sull'orecchio artificiale. *A.F.* (1947), p. 132.
I. BARDUCCI. — Curve di risposta di alcuni ricevitori telefonici ottenute mediante l'orecchio artificiale. *La Ric. Scient.*, (1949), p. 689.
I. BARDUCCI. — Confronto fra gli orecchi artificiali adoperati al Post Office e all'Istituto Nazionale di Ultracustica. *La Ric. Scient.* (1949), p. 1312.

12. **Bruits de salle**

Publication en langue allemande

K. BRAUN et P. JUST. — Minderung des Lärmes in Räumen, Herabsetzung seiner Störwirkung beim Fernsprechen und Verbesserung der Hörsamkeit in Räumen. *Telegr. u. Fernspr. Techn.*, 31 (1942), p. 91.

Articles en langue anglaise, publiés en Grande-Bretagne

B.G. CHURCHER et A.J. KING. — The Performance of Noise Meters in terms of the Primary Standards. *J.I.E.E.*, 81 (1937), p. 57.
A.H. DAVIS. — An Objective Noise Meter for the Measurement of Moderate and Loud, Steady and Impulsive Noises. *J.I.E.E.*, 83 (1938), p. 249.
A.J. KING, R.W. GUELKE, C.R. MAGUIRE et R.A. SCOTT. — Objective Noise Meter reading in Phones for Sustained Noises. *J.I.E.E.*, 88, part II (1941), p. 163.

Article en langue anglaise, publié au Japon

T. MIURA, Z. YAMAGUCHI, A. SUZUKI et K. TOMARU. — The Room Noise Spectra at Subscribers Telephone Location in Tokyo. *Journal of the Acoustical Society of Japan*, vol. 8, nº 3 (sept. 1952).

13. **Mesure des bruits de circuit**

Article en langue anglaise publié en Grande-Bretagne

H.R. HARBOTTLE. — The Circuit Noise Meter (Psophometer) and its Applications. *J.I.E.E.*, 83 (1938). p. 261.

14. **Microphones et récepteurs téléphoniques**

Publications en langue allemande

K. BRAUN. — Theoretische und experimentelle Untersuchungen von Fernhörern (magnetischen Wandlern). *Telegr. u. Fernspr. Techn.*, 31 (1942), p. 151.
K. BRAUN. — Elektroakustische Vierpole. *Telegr. u. Fernspr. Techn.*, 33 (1944), p. 85.

Articles en langue anglaise, publiés en Grande-Bretagne

S.D. COHEN, A.S. ALDRIDGE et W. WEST. — The Frequency Characteristics of Telephone Systems and Audio-Frequency Apparatus and their Measurement. *J.I.E.E.* 64 (1926), p. 1023.
R.B. HARBOTTLE. — Some Acoustic and Telephone Measurements. *J.I.E.E.*, 71 (1932), p. 605.
W. WEST et D. MCMILLAN. — Characteristics of Telephone Receivers. *J.I.E.E.*, 75 (1934), p. 317.
H. MCMILLAN. — Some Performance Characteristics of the Subscribers Telephone Transmitter. *J.P.O.E.E.*, 28 (1935), p. 167 et 313.
D. MCMILLAN. — The Telephone Transmitter ; A Suggested Theory of Operation. *J.P.O.E.E.*, 31 (1938), p. 167.
R.H. DE WARDT. — An Instrument for Testing Subscribers Sets in Situ. *J.P.O.E.E.*, 45 (1952), p. 129.

Articles en langue anglaise, publiés au Japon

G. ITO, T. YAMAGUCHI et C. SAKAMOTO. — Method of Using T-4 Type Transmitter in Magneto Telephone. *Monthly Journ. Elect. Comm. Lab.*, vol. 4, n° 10 (oct. 1951), p. 663.
G. ITO, T. SUGIMOTO et S. KANEKO. — Characteristics of Granular Carbon for Telephone Transmitters. *Monthly Jour. Elect. Comm. Lab.*, vol. 4, n° 11 (nov. 1951), p. 720.
T. HAYASAKA. — Outline of n° 4 Type Telephone Set. *Monthly Jour. Elect. Comm. Lab.*, vol. 5, n° 1 (janv. 1952), p. 4.
G. ITO, Y. OTSUKA, N. YAMAZAKI et N. TAKEDA. — N° 4 Type Head Phone. *Monthly Jour. Elect. Comm. Lab.*, vol. 5, n° 2 (févr. 1952), p. 65.
H. HIRABAYASHI, H. TOYODA et H. SHIBATA. — Deterioration of Transmitter Carbon Granules. *Monthly Jour. Elect. Comm. Lab.*, vol. 5, n° 2 (févr. 1952), p. 88.
S. NISHIYAMA. — Abnormal Phenomena of Carbon Transmitters due to Temperature Variation. *Hitachi Hyoron*, vol. 34, n° 10 (oct. 1952), p. 1201.
G. ITO, T. SUGIMOTO et S. YAMAZUKI. — Electro-Acoustic Characteristics of Carbon Powder for the Telephone Transmitter. *Elect. Comm. Lab. Tech. Jour.*, vol. 3, n° 1 (janv. 1954).
K. MASUZAWA. — An Electromagnetic Driving System for the Telephone Receiver. *Elect. Comm. Lab. Tech. Jour.*, vol. 1, n° 2 (1952), p. 129.
T. NAKAMARU et K. NAGATA. — Transmitter and Receiver of a Sound Powered Telephone. *Jour. Inst. Elect. Comm. Engrs. of Japan*, vol. 35, n° 4 (avril 1952), p. 172.
K. MASUZAWA et R. ARAKI. — On the Force Factor of Electroacoustic Transducer Using Ferromagnetic Materials. *Jour. Inst. Elect. Comm. Engrs. of Japan*, vol. 35, n° 3 (mai 1952), p. 233.
T. HAYASAKA, G. ITO, N. YAMAZAKI, T. KOBAYASHI, K. MASUZAWA et T. NIURA. — Development of n° 4 Type Telephone Set. *Elect. Comm. Lab. Tech. Jour.*, vol. 2, n° 1 (1953), p. 1.
M. OKAWA. — Design of Mechano-acoustic Vibration Systems. *Elect. Comm. Lab. Tech. Jour.*, vol. 3, n° 1 (1954), p. 1.

Publications en langue néerlandaise

H. MOL. — Propriétés des microphones à charbon. *Het P.T.T. — bedrijf*, tome II, nº 2 (août 1950).

H. MOL. — Théorie du microphone à charbon. *Het P.T.T. — bedrijf:* I, tome II, nº 4, juin 1951 ; II, tome IV, nº 1, octobre 1951 ; III, tome IV, nº 3, juin 1952 ; IV, en préparation ; V, en préparation.

15. **Distorsion de non-linéarité**

Publications en langue allemande

K. BRAUN. — Theoretische und experimentelle Untersuchung der nichtlinearen Verzerrung von Kohlemikrophonen. *Telegr. u. Fernspr. Techn.*, 27 (1938), p. 395.

K. BRAUN. — Kombinationsschwingungen und Ausschwingvorgänge der Membran des Kohlemikrophons. *Telegr. u. Fernspr. Techn.*, 28 (1939), p. 104.

Article en langue anglaise, publié en Grande-Bretagne

R.A. BROCKBANCK et C.A.A. WASS. — Non-Linear Distortion in Transmission Systems. *J.I.E.E.* 92, part III (1945), p. 45.

INDEX ALPHABÉTIQUE DU TOME IV DU LIVRE VERT

Pages

Abonné (poste ou installation d') :

Conditions auxquelles doivent satisfaire les installations d'abonné utilisées avec des circuits internationaux 19
Postes d'abonné comportant soit des récepteurs haut-parleurs, soit des microphones associés à des amplificateurs 22
Mesures effectuées sur les appareils d'abonné 134
Mesures effectuées pour la maintenance et la réception en usine 156, 158

Affaiblissement équivalent pour la netteté (A.E.N.)

Définition 11
Système de référence pour la détermination des A.E.N. (S.R.A.E.N.) 54, 65
Appareil de référence pour la détermination des A.E.N. (A.R.A.E.N.) 56
Mesure de l'A.E.N. 68
Frais relatifs aux mesures d'A.E.N. 113
Systèmes téléphoniques commerciaux à fournir pour les mesures d'A.E.N. . . . 113
Relation avec l'indice de qualité de transmission 11

Analyse statistique (des résultats d'essais de netteté) 89

Anneau de garde

— pour les mesures d'A.E.N. 69, 146
— pour les mesures d'équivalents de référence 69, 146

Appareils de mesure

Remarque générale 132

Appareils de mesures objectives

Voix artificielles ; bouches artificielles ; oreilles artificielles 116
Volumètre 119
Psophomètre 121
Appareil pour la mesure objective des bruits de salle 131
Autres appareils 132

Appareils téléphoniques

Mesures sur les appareils 134, 156

Appréciation immédiate (essais d') 155

Artificielles (voix, bouches et oreilles) 116

Bouches artificielles 116

Bruit de circuit

Réduction de qualité de transmission 17

Bruit de salle

— pour les déterminations d'A.E.N. 76
Réduction de qualité de transmission due au bruit de salle 17
Effet local pour les bruits de salle 152
Appareil pour la mesure des bruits de salle . . . . . *(Livre d'annexes)*

Pages

Bruit de fond électrique
— pour la détermination d'A.E.N. 67

Carrés gréco-latins
Emploi pour l'analyse statistique d'essais de netteté 111

Comparaison des systèmes de référence au S.F.E.R.T. 43

Comparaison des systèmes étalons de travail au S.F.E.R.T. 43

Communications collectives 24

Courbes
Courbe caractéristique du bruit de salle pour les mesures d'A.E.N. 75
Courbe caractéristique du bruit de fond électrique pour les mesures d'A.E.N. . . 67
Courbe caractéristique du réseau filtrant du psophomètre
— pour circuits téléphoniques commerciaux 122
— pour transmissions radiophoniques 130

Distance de conversation
— pour la détermination des équivalents de référence 69
— pour la détermination des A.E.N. 69
— pour l'utilisation du S.F.E.R.T. 31
— pour l'utilisation de l'A.R.A.E.N. 69

Distorsion de phase 18

Effet local (voir aussi sous : équivalent de référence)
— pour la parole (mesure) 152
— pour le bruit de salle (mesure) 152
Influence sur la qualité de transmission . . . . . *(Livre d'annexes)*

Efficacité (absolue et relative)
Mesure 132

Equivalents de référence
Limites pratiques de l'équivalent de référence entre deux abonnés 9
— du système émetteur national 9
— du système récepteur national 9
Limites pratiques entre deux opératrices ou entre une opératrice et un abonné . . . 10
Systèmes de référence pour la détermination 27
Mesure de l'équivalent de référence 135
Mesure de l'équivalent de l'effet local 152

Equivalents relatifs
Système étalon de travail (S.E.T.A.B. et S.E.T.E.D.) 49
Mesure de l'équivalent relatif 136
Appareil pour la mesure objective des équivalents relatifs . . . . . *(Livre d'annexes)*

Etalons de travail (voir sous système de référence)

Etalonnage
— de l'A.R.A.E.N. 61
— des étalons de travail (S.E.T.A.B. et S.E.T.E.D.) 49
— des systèmes de référence 135
— du S.F.E.R.T. 35

Indicateur de volume (voir volumètre)

Indices de qualité de transmission
Définition 11
Calcul de l'indice nominal de qualité de transmission d'un système émetteur ou récepteur national 11
Relation avec l'A.E.N. 13

Pages

Logatomes (pour la détermination des A.E.N.) 73

Microphone

Mesure de l'efficacité absolue d'un système émetteur 132
Comparaison à un microphone étalon 136, 141
Mesure d'un microphone étalon du S.F.E.R.T. . . . . *(Livre d'annexes)*
Mesure d'un microphone étalon de l'A.R.A.E.N. . . . . *(Livre d'annexes)*

Netteté

Affaiblissement équivalent pour la netteté (A.E.N.) 11
Essais de netteté (déterminations d'A.E.N.) 77

Oreilles artificielles

Oreille artificielle de référence provisoire recommandée par le C.C.I.F. 118

Phrases conventionnelles

— pour la détermination des A.E.N. 73
— pour la détermination des équivalents de référence 136

Postes téléphoniques d'abonné

Mesures sur ces postes 134

Pression acoustique

Mesure de la pression acoustique au microphone d'un système de référence . . . 28

Psophomètre

Description 131

Puissance vocale

— normale pour les mesures téléphonométriques 43
— de référence pour l'A.R.A.E.N. 69

Qualité de transmission (voir aussi Indices et réductions de —)

Récepteurs téléphoniques

Mesure de l'efficacité absolue d'un système récepteur 132
Mesure d'un récepteur étalon du S.F.E.R.T. . . . . *(Livre d'annexes)*
Mesure d'un récepteur étalon de l'A.R.A.E.N. . . . . *(Livre d'annexes)*
Comparaison d'un récepteur étalon 138, 145
Mesures effectuées pour la maintenance et pour la réception en usine des appareils d'abonné 156

Réduction de qualité de transmission

— due à la limitation de la bande des fréquences effectivement transmises 14
— due au bruit de circuit 17
— due au bruit de salle 17

Répétitions (observations des) 154

Sonomètre (appareil pour la mesure objective des bruits de salle) 131

Système de référence

— pour la détermination des A.E.N. (S.R.A.E.N.) 54
— pour la détermination des équivalents de référence (S.F.E.R.T.) 27
Systèmes étalons de travail S.E.T.A.B. 49
Systèmes étalons de travail S.E.T.E.D. 49
Comparaison au S.F.E.R.T. des systèmes de référence et des étalons de travail . . . 43

Pages

Taux de répétition (observations des) 154

Téléphonométrie

Précautions à prendre lors de ces mesures 145
Volume normal 43, 136, 141

Voix

Mesures à la voix et à l'oreille 135
Voix artificielles 116

Volume (des sons vocaux)

— à conserver pour les mesures téléphonométriques 43
— à conserver lors de la détermination d'A.E.N. 69
Mesure 135

Volumètres (indicateurs de volume)

Différents types 119
Essais comparatifs de divers types de volumètres 119

V.U. mètre (voir volumètres)