

Zeitschrift: Technische Mitteilungen / Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafienbetriebe = Bulletin technique / Entreprise des postes, téléphones et télégraphes suisses = Bollettino tecnico / Azienda delle poste, dei telefoni e dei telegrafi svizzeri

Herausgeber: Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafienbetriebe

Band: 57 (1979)

Heft: 1

Artikel: Expériences de diffusion de données dans un canal de télévision

Autor: Bärfuss, Christian

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-875540>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 30.03.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Expériences de diffusion de données dans un canal de télévision

Christian BÄRFUSS, Berne

070.48:621:397.13.037.37:621.397.62

Versuche auf dem Gebiet der Datenausstrahlung in einem Fernsehkanal

Zusammenfassung. Die Rundfunk-Informationssysteme benutzen das Fernsehnetz als Übertragungsmittel. Damit die Leistungsfähigkeit dieser neuen Systeme beurteilt werden kann, werden sie praktisch erprobt. Solche Versuche sind nun mit den englischen Bildschirmtextsystemen Ceefax/Oracle und dem französischen System zur Datenübertragung DIDON durchgeführt worden. Die Ergebnisse machen die Bedeutung der Sende- und Empfangsausrüstungen und den Einfluss des drahtlosen Übertragungsweges deutlich und zeigen, wie wichtig die Wahl der Eigenschaften des digitalen Datensignals ist.

Résumé. Les systèmes de téléinformatique en radiodiffusion utilisent comme support de transmission le réseau de diffusion du service de télévision. L'évaluation des performances de ces nouveaux modes de communication fait appel à des campagnes d'essais en service réel. Le système de télétexte britannique Ceefax/Oracle et le système de diffusion de données français DIDON ont fait l'objet de tels essais. Les résultats mettent en évidence l'importance des équipements d'émission et de réception, l'influence de la diffusion hertzienne et le choix des caractéristiques du signal numérique.

Esperienze nella diffusione di dati in un canale televisivo

Riassunto. I sistemi di teleinformatica nella radiodiffusione utilizzano la rete di diffusione del servizio televisivo quale base di trasmissione. La valutazione della fedeltà di questi nuovi tipi di comunicazione s'avvale di una serie di prove effettuate nella pratica. Il sistema del teletext britannico Ceefax/Oracle e il sistema di diffusione di dati francese DIDON sono stati oggetto di queste prove. I risultati sottolineano l'importanza degli equipaggiamenti di trasmissione e di ricezione, l'influenza della diffusione su onde hertziane e la scelta delle caratteristiche del segnale numerico.

1 Préambule

Les systèmes de téléinformatique en radiodiffusion, qui se sont développés depuis quelques années, marquent le départ d'une évolution nouvelle des services de communication sociale. La particularité de ces systèmes réside dans l'introduction, dans le domaine grand public, de la transmission numérique, jusque-là réservée au secteur professionnel. Le transport de l'information numérique se réalise grâce au réseau de diffusion hertzienne du service de télévision.

Deux systèmes de télétexte sont actuellement en présence. D'un côté, le système britannique Ceefax/Oracle, de l'autre, le système français Antiope. Ce dernier est une application particulière du système universel de diffusion de données DIDON¹.

Devant l'introduction de ces nouveaux services de communication se pose le problème de la compatibilité avec le système de télévision existant. L'exploration des performances des systèmes Ceefax/Oracle et DIDON en service réel constitue ainsi les objectifs des campagnes d'essais entreprises par la Division des recherches et du développement des PTT suisses. Ces travaux sont à considérer comme une contribution aux efforts de normalisation déployés dans le domaine de la diffusion de données.

2 Introduction

La diffusion hertzienne de données numériques insérées dans l'intervalle de suppression de trame d'un signal de télévision fait l'objet de nombreuses études dans divers pays. L'insertion de données dans les intervalles de suppression de trame est une technique déjà ancienne. L'innovation réside donc dans l'application de cette technique de multiplexage au niveau du service.

L'apparition de circuits intégrés logiques bon marché a permis d'utiliser les techniques numériques. Les procédés de diffusion d'informations alphanumériques et graphiques font appel à ces principes et permettent

d'émettre un programme nouveau par une meilleure utilisation de la voie vidéo. Il est d'ailleurs important de noter qu'il ne s'agit pas d'une simple extension du service offert par la télévision, mais bien d'un mode de communication inédit.

Cependant, compte tenu des équipements en service, il est impératif de ne pas imposer aux matériels d'émission et de réception des caractéristiques plus sévères que celles qui sont nécessaires à la transmission des signaux de télévision. Le but des campagnes de mesures est d'évaluer l'influence de tous les paramètres de la chaîne de diffusion sur la qualité du signal numérique. En chaque point de réception des mesures analogiques et numériques sont effectuées, de manière à caractériser le signal analogique et le signal numérique. Le système de télétexte non interactif devrait être conçu de manière telle qu'une réception de bonne qualité soit possible là où la qualité de réception du signal de télévision est utilisable. La topographie en général très accidentée de la Suisse et le réseau dense des réémetteurs ne faciliteront guère le choix d'un système optimal sous le rapport débit numérique-robustesse.

Après une brève description des systèmes de diffusion de données, des équipements et des zones de mesure, il sera question des procédures de mesure et des campagnes d'essais Ceefax/Oracle et DIDON. Les résultats les plus marquants, valables dans le contexte précis des expériences, et des conclusions de portée plus générale, montreront ensuite l'intérêt et les possibilités offerts par ces nouveaux services de communication.

3 Objectifs des essais

L'expérience conduit à penser qu'il n'y a pas de substitut possible aux campagnes de mesure en service réel pour évaluer la qualité de nouveaux services de communication.

Les essais réalisés par la Division des recherches et du développement des PTT visaient tout d'abord à une connaissance des particularités des systèmes de diffusion de données. Une appréciation des performances des services Ceefax/Oracle et DIDON sur le terrain en était alors la suite logique.

¹ DIDON = Système de diffusion de données développé par le CCETT (Centre Commun d'Etudes de Télévision et Télécommunications, Rennes)

Il s'agit là de systèmes nouveaux, donc perfectibles, et l'on doit pouvoir mesurer les effets des améliorations successives au cours de la mise au point. Des équipements différents doivent être comparés entre eux, et l'on doit être capable d'en apprécier les résultats.

Le réseau de transmission et de diffusion hertzienne introduit des distorsions linéaires et non linéaires dont il convient d'étudier les effets sur le signal numérique. La stratégie choisie consiste à pratiquer une recherche de points de mesure aussi proches que possible des conditions de réception réelle en télévision. On ne s'intéresse pas, de prime abord, à la notion de couverture telle qu'elle est utilisée en télévision, mais à des critères phénoménologiques (bruits, échos, moirages, etc.). Les performances des systèmes de diffusion de données sont ensuite comparées à celles du service de télévision. Cette confrontation permet de se faire une idée de la couverture possible d'une zone de service de télévision par un service de diffusion de données.

4 Systèmes de diffusion de données

Ce chapitre est consacré à quelques rappels sur les systèmes de télétexte et de diffusion de données. Le service de télétexte non interactif consiste à distribuer aux utilisateurs des informations alphanumériques et graphiques organisées en pages d'écriture et s'affichant sur l'écran d'un téléviseur type grand-public. On ajoute donc au récepteur de télévision usuel un équipement terminal qui permet

- d'extraire les données du signal vidéo (démultiplexage)
- de sélectionner, grâce à un clavier, les données relatives à une page d'un magazine
- de mémoriser ces données sous forme numérique et de les lire cycliquement
- d'élaborer les informations à visualiser à l'aide d'un générateur de caractères

La diffusion d'un magazine formé d'un ensemble de pages, elles-mêmes constituées de rangées de caractères, s'effectue de manière cyclique. Cela suppose un certain temps d'attente, d'autant plus important que le magazine est volumineux, le débit numérique réduit et le nombre de lignes par trame restreint. A l'inverse, le signal de télétexte peut être capté par un nombre illimité d'utilisateurs du fait de son insertion dans le signal de télévision. Les caractéristiques détaillées des systèmes de télétexte Ceefax/Oracle et Antiope, leurs avantages et désavantages réciproques, ont déjà été abondamment traités [1], [2], [3], [4], [5] et l'on n'y reviendra pas. Il faut toutefois rappeler que le système de télétexte Ceefax/Oracle, étudié et expérimenté en Grande-Bretagne depuis 1972, repose sur l'utilisation de la norme de télévision I. Dans cette norme, la largeur nominale de la bande vidéo est de 5,5 MHz. En Suisse, les essais de télétexte se font sur le réseau de télévision répondant aux normes B/G. La largeur nominale n'est que de 5 MHz, ce qui pénalise la diffusion de Ceefax/Oracle. Le système Antiope, qui repose sur l'utilisation du service DIDON, n'a pas encore pu être testé. Des essais comparatifs Ceefax/Antiope en service réel sont prévus prochainement.

L'appellation DIDON [6], [7] recèle un système de radiodiffusion de données qui fait usage du canal de télévision et qui est caractérisé par la possibilité de choisir la fréquence élément binaire. La diffusion est faite selon une procédure de mise en paquets des données. Chaque paquet de données occupe une partie active de la ligne de télévision. DIDON est donc un système de transport des données depuis le prestataire de service jusqu'au public destinataire, indépendant de la nature particulière de l'application envisagée. Les avantages de ce système de diffusion permettent de s'affranchir de la norme d'un service de télétexte et de rechercher le débit optimal, tant à l'égard des dégradations que des caractéristiques du canal de transmission.

5 Diffusion des données numériques

L'organisation générale du réseau de diffusion et les sources numériques utilisées sont tout d'abord brièvement décrites.

51 Réseau de diffusion hertzienne

Le signal de données était injecté dans la voie vidéo au niveau de la station du Bantiger, près de Berne, et émis alternativement sur les canaux C2, C10, C40 et C53. Les puissances apparentes rayonnées s'échelonnent de 1,15 kW (C53) à 300 kW (C40), en passant par 100 kW (C2 et C10). Ces différents émetteurs alimentent des chaînes de réémission formées au maximum de trois réémetteurs, desservant une partie de l'Emmental (Zäziwil—Langnau—Bärau et Eggwil—Trubschachen—Trub) et du Val-de-Travers (Val-de-Travers—St-Sulpice—Les Bayards). Les canaux de ces chaînes se répartissent dans les bandes III, IV et V, et les puissances apparentes rayonnées s'échelonnent de 2 W à 300 W. Pour faciliter des comparaisons ultérieures entre les systèmes, toutes les mesures s'effectuaient lors de la diffusion de la mire PTT.

52 Générateur de page Ceefax/Oracle

Lors des deux premières campagnes de mesure, les informations numériques à diffuser étaient stockées dans une mémoire morte programmable. La page de télétexte ainsi formée, conforme aux normes britanniques, était transmise cycliquement au multiplexeur.

53 Générateur de séquences pseudo-aléatoires

La voie numérique doit pouvoir être évaluée avec exactitude quant à son aptitude à véhiculer l'information avec le minimum de pertes et d'erreurs. La méthode consiste à envoyer une structure non quelconque et connue, puis à la recevoir en bout de chaîne et à l'analyser. Le fait que l'émetteur et le récepteur soient éloignés l'un de l'autre, implique que la structure de départ puisse être régénérée et remise en phase par le récepteur lui-même [8], [9]. Les propriétés des séquences pseudo-aléatoires répondent à ces exigences. Le service DIDON et les séquences pseudo-aléatoires permettent ainsi de chiffrer les performances d'une voie numérique dans un canal de télévision. Les caractéristiques du signal numérique sont identiques à celles de Ceefax/Oracle. En plus de la fréquence élément binaire de

6,937 MHz (norme Ceefax/Oracle), on dispose encore de deux autres fréquences: 4,296 MHz et 6,203 MHz (norme Antiope).

54 Commentaires

Les impulsions codées en NRZ¹ passent, avant le multiplexage, dans un filtre de mise en forme en sinus carré qui adapte l'énergie spectrale de l'impulsion au canal.

La structure du paquet de données dans le système Ceefax/Oracle est différente de celle de DIDON. Dans ce dernier, l'en-tête se compose de 8 octets² (synchronisation, adressage, continuité, format), alors que le nombre d'octets du bloc de données dépend de la fréquence élément binaire:

- $f_{eb} = 4,296$ MHz: 19 octets
- $f_{eb} = 6,203$ MHz: 32 octets
- $f_{eb} = 6,937$ MHz: 37 octets

Le système Ceefax/Oracle, quant à lui, est formé d'un en-tête de 5 octets (synchronisation, adressage) et d'un bloc de données de 40 octets.

Ces paquets de données étaient insérés dans les lignes 20 et 333 pour DIDON, alors que ceux de Ceefax/Oracle occupaient les lignes 19, 20, 332 et 333.

6 Réception des signaux analogiques et numériques

Un véhicule de mesure, équipé d'une source d'énergie autonome et d'un mât télescopique de 10 m, était utilisé pour les essais en service réel. Les appareils engagés dans les campagnes étaient les suivants:

- récepteur semi-professionnel à détection quasi-synchrone
- téléviseur domestique à détection quasi-synchrone et décodeur de télétexte (Ceefax/Oracle)
- récepteur semi-professionnel à détection d'enveloppe
- récepteur professionnel à détection synchrone
- sélecteur de lignes et oscilloscope
- moniteur couleur
- compteur d'erreurs et de pertes (DIDON)

Le niveau du signal HF était déterminé à l'aide du récepteur à détection quasi-synchrone. Le téléviseur type grand-public ou le moniteur permettaient d'évaluer la qualité de l'image de télévision.

Dans le système Ceefax/Oracle, l'extraction des données se faisait grâce au décodeur de télétexte. En diffusion de données, un dispositif traitait le signal vidéo, puis les erreurs et les pertes éventuelles de transmission étaient affichées sur un compteur.

Les caractéristiques essentielles des antennes, paramètre important lors d'essais sur le terrain, sont résumées dans le *tableau I*.

¹ NRZ = Non-retour à zéro. Pour une largeur de bande donnée, c'est le code qui permet l'utilisation de la fréquence élément binaire la plus élevée sans sacrifier au bruit

² octet = Mot formé de 8 éléments binaires ou eb

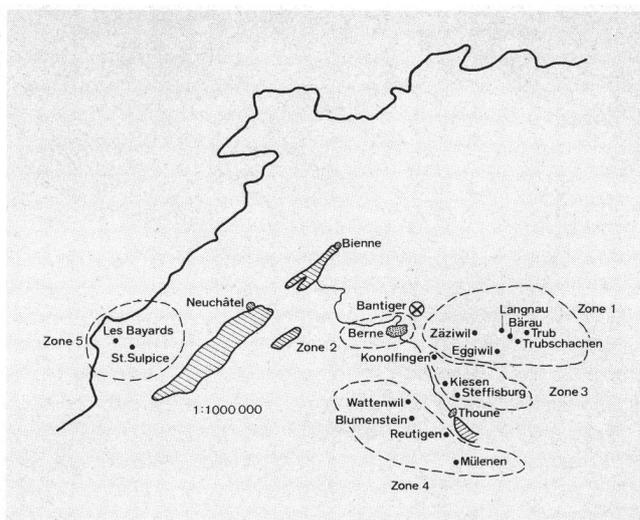


Fig. 1
Zones et sites de mesure
⊗ Emetteur
• Site de mesure

La connaissance du champ à l'emplacement de mesure peut être utile. Théoriquement, le champ F est dérivé du niveau U aux bornes du récepteur par la relation suivante:

$$F = U + 20 \log(6,94/\lambda) + A - G_d \quad [\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}]$$

avec U Niveau HF du signal en $\text{dB}\mu\text{V}$

λ Longueur d'onde en m

A Pertes dans le câble coaxial et les coupleurs en dB

G_d Gain de l'antenne par rapport au doublet demi-onde en dB

Pour ces essais, l'affaiblissement du câble coaxial peut être tiré de l'équation

$$A = 3,9 \cdot f [\text{GHz}] + 0,51 \quad [\text{dB}]$$

7 Zones et sites de mesure

Le choix de la station du Bantiger comme centre de multiplexage imposa les zones d'essais. Les zones sont numérotées de 1 à 5 (*fig. 1*) et quelques emplacements sont portés sur la carte. Les sites, comme déjà relevé, furent sélectionnés selon des critères phénoménologiques. Leur nombre est variable, de même que le nombre d'observations par site et les cas de réception directe, ou au travers de 1, 2 et 3 réémetteurs (*tab. II*).

Tableau I. Caractéristiques des antennes de réception

Bande	Gain G_d par rapport au doublet demi-onde [dB]	Ouverture à mi-puissance (pol. H) [°]	Rapport avant-arrière [dB]	Remarques
I	3	~60	~14	Essais Ceefax/Oracle
III	7 ... 8,5	~80	~27	
IV/V	5,5 ... 10	~60	~24	
I	1	80	3 ... 7	Essais DIDON
III	5 ... 7,5	50 ... 60	15 ... 25	
IV/V	8 ... 11	22 ... 35	22 ... 26	

Tableau II. Nombre des sites et observations par campagne

Numéro de la campagne d'essais	Nombre de sites	Nombre d'observations	Nombre d'observations				Remarques
			Liaison directe émetteur	au travers de			
				1 réémetteur	2 réémetteurs	3 réémetteurs	
1	13	40	21	6	5	3	Réseau de télé-distribution 5
2	33	92	60	14	6	3	Réseau de télé-distribution 9
3	16	45	29	6	5	5	

8 Méthodes de mesure

Le signal vidéo est exploité différemment selon sa destination: image de télévision ou traitement des données. Les mesures effectuées en télévision ont été les suivantes:

- niveau du signal HF de télévision (signal maximal pour une hauteur de l'antenne de réception de 10 m)
- évaluation subjective de la qualité de l'image de télévision
- classification des brouilleurs principaux dégradant l'image: échos discrets, échos diffus, bruit, moirage, interférence, etc.
- photographies des lignes 17 et 18 (signaux d'essai d'insertion) pour des mesures ultérieures en laboratoire

L'échelle de qualité utilisée pour évaluer la qualité de l'image (tab. III) est reproduite pour mémoire. Les observations ont été réalisées par deux experts techniques, et selon les directives de l'Avis 500 du CCIR [10].

Tableau III. Echelle de qualité à cinq notes du CCIR (Avis 500)

Echelle à cinq notes
Qualité
5 Excellent
4 Bon
3 Assez bon
2 Médiocre
1 Mauvais

Les procédures de mesures en diffusion de données sont résumées ci-après [11], [12]:

- évaluation subjective de la qualité de la transmission numérique à l'aide de la page de télétexte (voir 52) et de critères de qualité. Ces derniers sont au nombre de trois:
 - note de qualité Q_T : après la première acquisition, on dénombre sur la page de télétexte les erreurs et les pertes que l'on sanctionne par une note selon *tableau IV*. Dans chaque cas, la note la plus défavorable est à considérer. Cette méthode subjective très simple a été utilisée durant la première campagne d'essais. Lors de la deuxième, elle ne fut introduite que pour des tests comparatifs
 - critère B: trois acquisitions successives d'une page de télétexte, sans pertes et sans erreurs
 - critère C: aucune erreur ou perte lors de la seconde acquisition d'une même page de télétexte

- évaluation objective de la qualité de la voie numérique grâce aux séquences pseudo-aléatoires (taux d'erreurs et de pertes)
- rapport signal sur bruit à l'aide de la relation suivante (*annexe I*):

$$S/B = 20 \log BA/U_{cc} + 17 \text{ [dB]}$$

avec BA Amplitude nominale de la luminance (0,7 V)

U_{cc} Amplitude crête-à-crête du bruit sur la ligne 19 (observation sur l'oscilloscope)

Les méthodes décrites ci-dessus ont permis d'évaluer en service réel les performances des divers systèmes de télétexte Ceefax/Oracle et du système de diffusion de données DIDON.

Les critères d'appréciation subjectifs (Q_T , B, C) se réfèrent à un contenu invariable d'une même page de télétexte. Les résultats pourraient dépendre, dans des cas précis de brouillage, de cette structure figée. Les séquences pseudo-aléatoires, en revanche, recouvrent tout l'éventail des configurations possibles de l'information future à transmettre. Elles permettent de chiffrer les performances d'une voie numérique par des taux d'erreurs et de pertes. Le taux d'erreurs est lié à des défauts situés dans le bloc de données, tandis que le taux de pertes résulte de perturbations affectant l'en-tête des paquets de données.

9 Campagnes d'essais

91 Paramètres et objectifs

La première campagne d'essais [13] s'est déroulée en mai 1977 dans les zones 1 et 2 (fig. 1), et comprenait 13 sites subdivisés en 40 observations ponctuelles (tab. II). On avait à disposition un récepteur de télévision type grand-public équipé d'un des premiers décodeurs de télétexte en technique LSI. Grâce à la note d'appréciation Q_T (tab. IV), il a été possible d'évaluer subjectivement la

Tableau IV. Echelle de qualité en service de télétexte

Note de qualité Q_T	Nombre de pertes de caractères	Nombre d'erreurs de caractères
5	0	0
4,5	1	1
4	2	2
3,5	3	3
3	4	4
2,5	5... 6	5
2	7... 8	6
1,5	9... 12	7
1	> 12	> 7

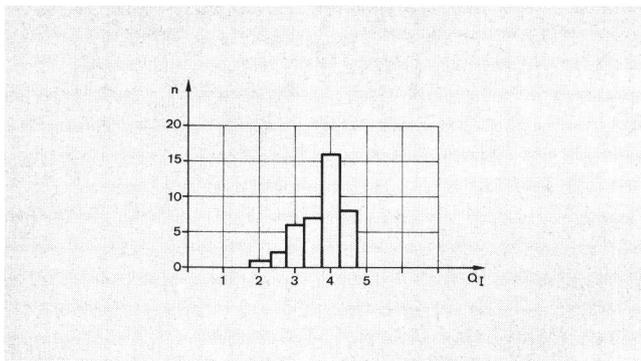


Fig. 2
Histogramme de la qualité de l'image de télévision
Q_T Note de qualité (télévision)
n Nombre d'observations

qualité de service du télétexte. On rappelle que cette procédure repose sur la comparaison entre la page émise, connue, et celle visualisée à la première acquisition sur le téléviseur. Ces essais visaient avant tout à se familiariser avec un système nouveau et à effectuer des expériences dans des contextes différents de ceux réalisés en Grande-Bretagne et en République fédérale d'Allemagne [14], [15].

Les essais subséquents [16], menés en août et septembre 1977, différaient des précédents par certaines innovations:

- décodeur de télétexte plus performant
- critères d'appréciation B et C
- augmentation sensible du nombre de sites et d'observations, qui passent de 13 à 33 et de 40 à 92 (zones 1 à 4) respectivement
- modification de la mémoire morte programmable à la source, ce qui permettait d'effectuer un rafraîchissement partiel de la page visualisée

Cette campagne avait pour objectif d'évaluer les avantages du nouveau décodeur par une comparaison des résultats des deux campagnes précédentes aux mêmes sites et par l'utilisation des critères B et C; ce dernier pourrait être utile pour définir le degré de couverture d'un service de télétexte.

Dans les campagnes ci-dessus, la qualité de la voie numérique était évaluée subjectivement pour une fréquence élément binaire, un contenu de page et un équipement de réception donnés. L'utilisation du système de diffusion de données DIDON et des séquences pseudo-aléatoires ont permis de se libérer de ces contraintes [17]. Grâce à cet équipement, il est possible de chiffrer les performances de la voie numérique [18]. L'influence de la platine de réception¹ et de la fréquence élément binaire peut ainsi être mise en évidence. Cette campagne a eu lieu de la mi-avril à fin mai 1978. Les 16 sites et les 45 observations individuelles étaient répartis dans les zones 1, 2 et 5.

92 Résultats

Pour des raisons de clarté, les résultats les plus marquants des trois campagnes d'essais ont été présentés séparément.

¹ Partie HF + fréquence intermédiaire (FI) + détection

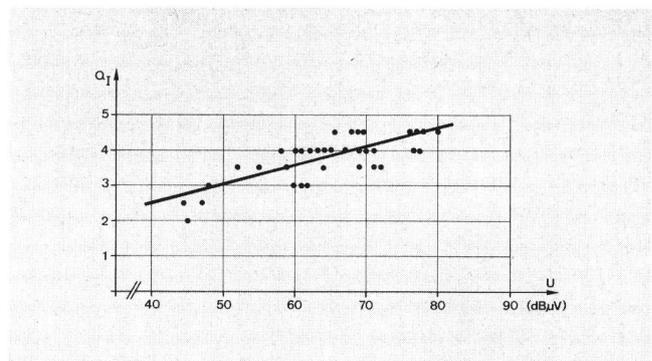


Fig. 3
Qualité de l'image de télévision en fonction du niveau HF
Q_T Note de qualité (télévision) Observation
U Niveau HF aux bornes du téléviseur

921 Première campagne d'essais

La qualité Q_T de l'image de télévision est représentée par l'histogramme de la *figure 2*. La fonction de répartition statistique est à peu près normale, ce qui donne pour la valeur moyenne et l'écart-type

$$\bar{Q}_T = 3,5, \quad \sigma = 0,7$$

La qualité de l'image de télévision est satisfaisante (Q_T ≥ 3) dans 92 % des cas, ce qui est élevé.

La *figure 3* montre la qualité de l'image en fonction du niveau HF aux bornes du téléviseur. La corrélation entre ces deux grandeurs est remarquable, puisqu'elle se situe vers 0,8.

Dans le cas de la transmission du télétexte, les résultats sont nettement moins favorables, ce que fait ressortir la *figure 4*. Une transmission *sans erreur ou perte* n'est réalisée que dans 43 % des cas, ce qui est très faible comparé aux 92 % en télévision.

Le nuage de points de la *figure 5* indique une corrélation très lâche entre le niveau HF et la note Q_T. Il en est de même entre la qualité des deux services (*fig. 6*).

Une des causes principales de la dégradation de la qualité du service de télétexte est due aux échos. Leur gêne est ressentie différemment en télévision, ce que confirme le *tableau V*.

Une série d'essais de télétexte dans un réseau de télédistribution et d'antennes communes se solda par un échec: 5 mesures, 5 cas défavorables. Cela était dû en

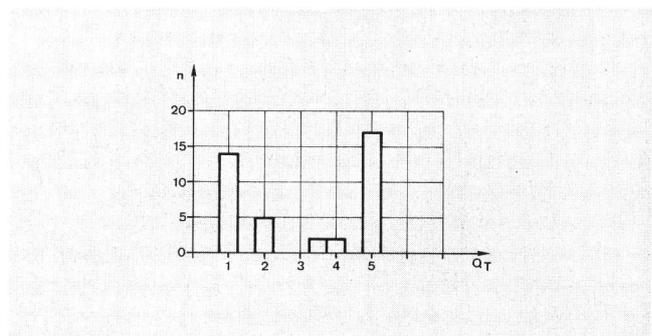


Fig. 4
Histogramme de la qualité de la page de télétexte
Q_T Note de qualité (télétexte) (tab. IV)
n Nombre d'observations

Tableau V. Cas favorables pour les services de télévision et de télétexte en fonction d'un brouilleur

Brouilleur	Nombre d'observations	$Q_I \geq 3$	$Q_T \geq 3$
Echo	25	23	12
Bruit	13	12	8
Interférence	2	2	1

Q_I Note de qualité (télévision)
 Q_T Note de qualité (télétexte)

grande partie à la nature du signal de télétexte et non à des performances hors tolérances des réseaux.

Les résultats chiffrés ne sont valables que dans le cadre précis des essais réalisés et des équipements utilisés. Comme on le verra plus loin, l'évolution des matériels de réception et de décodage est telle que ces valeurs n'ont qu'une portée limitée. Néanmoins, les enseignements tirés de ces premières mesures sont intéressants à plus d'un titre, ne serait-ce que par le fait qu'ils ont permis de constater que les échos brefs affectent la qualité des services d'une manière différente.

922 Deuxième campagne d'essais

Les résultats communs aux deux campagnes sont présentés en premier lieu, afin de permettre l'évaluation des performances du nouveau décodeur de télétexte.

La figure 7 montre, sous forme d'histogrammes, la qualité Q_I de l'image. Une légère différence, due probablement à des conditions de mesures différentes et à un jugement plus sévère des images, peut être constatée.

La valeur moyenne et l'écart-type s'en ressentent

$$\bar{Q}_I = 3,2, \quad \sigma = 0,6$$

Cela semble confirmé par les diagrammes de la figure 8 où, pour un niveau élevé du signal, les notes sont plus basses.

En télétexte, les résultats sont nettement à l'avantage de la deuxième campagne comme le témoigne la figure 9. Le taux des pages exemptes d'erreurs ou de pertes passe de 43 à 70 %. A la figure 10, on a de nouveau représenté les cas favorables en télétexte ($Q_T \geq 3$) par rapport à la qualité de l'image de télévision (à comparer avec la fig. 6).

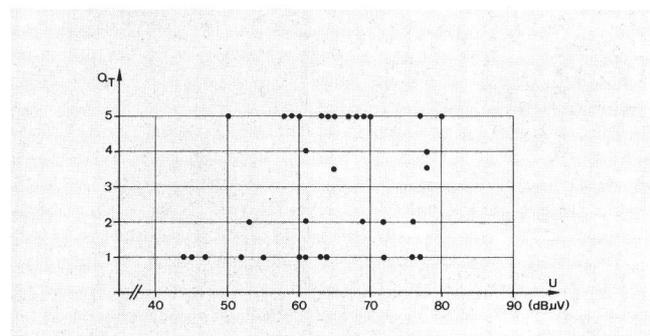


Fig. 5
 Qualité de la page de télétexte en fonction du niveau HF
 U Niveau HF aux bornes du téléviseur
 Q_T Note de qualité (télétexte)

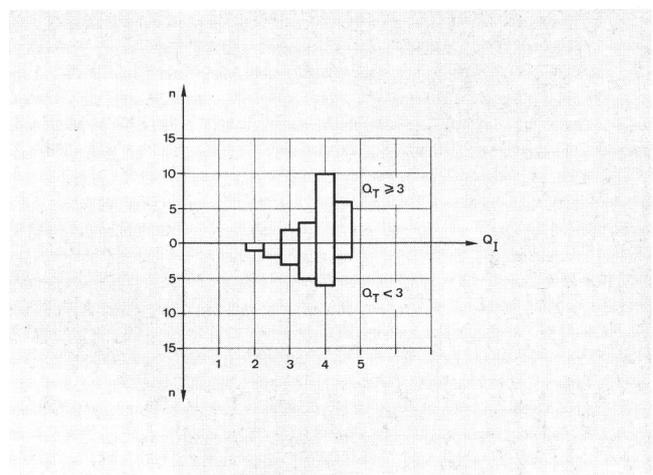


Fig. 6
 Répartition de la qualité de la page de télétexte en fonction de la qualité de l'image de télévision
 Q_T Note de qualité (télétexte)
 Q_I Note de qualité (télévision)
 n Nombre d'observations

On constate que les erreurs et les pertes dans le service de télétexte se font d'autant plus rares que la qualité de l'image de télévision est élevée. Cette nette amélioration est due à l'introduction d'un décodeur plus performant.

Qu'en est-il maintenant des mesures globales effectuées lors de cette deuxième campagne? L'histogramme de la figure 11 présente la répartition de la qualité de l'image de télévision pour une quinzaine de canaux (bandes I, III, IV et V). On obtient pour la valeur moyenne et l'écart-type

$$\bar{Q}_I = 3,7, \quad \sigma = 0,7$$

La qualité est légèrement supérieure à celle de la campagne précédente. Le taux des images avec $Q_I \geq 3$ est de 86 %. La corrélation entre le niveau HF et la qualité Q_T est moins serrée, et se situe vers 0,6 (fig. 12). Pour le télétexte, les critères B et C ont été utilisés pour la première fois. Si l'on constatait, lors des premières acquisitions de la page de télétexte, que celle-ci était reçue sans erreur, on recherchait le niveau minimal satisfaisant l'un des critères par un affaiblissement du signal HF. La valeur de l'affaiblissement ainsi trouvée est appelée marge ou réserve de signal. La figure 13 montre le nombre des cas favorables (marge ≥ 0 dB). Il y a lieu de remarquer d'emblée le peu de corrélation entre le niveau du signal appliqué aux bornes du téléviseur, la qua-

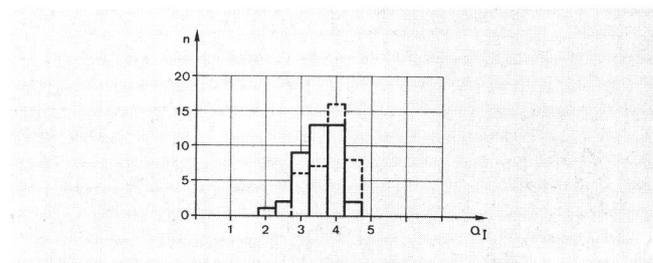


Fig. 7
 Histogrammes de la qualité de l'image de télévision (points communs aux deux campagnes)
 Q_I Note de qualité (télévision)
 n Nombre d'observations
 --- 1^{re} campagne d'essais
 — 2^e campagne d'essais

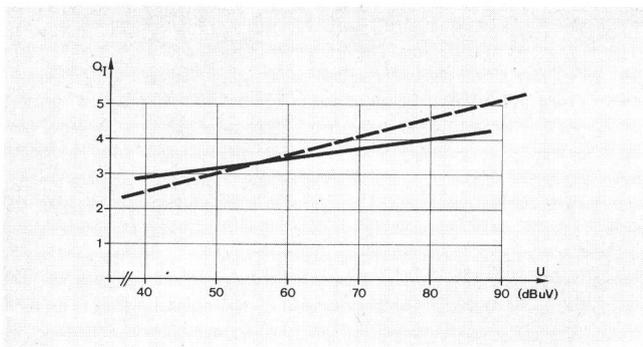


Fig. 8
Qualité de l'image de télévision en fonction du niveau HF (points communs aux deux campagnes)
 U Niveau HF aux bornes du téléviseur
 Q_I Note de qualité (télévision)
 - - - 1^{re} campagne d'essais
 — 2^e campagne d'essais

lité de l'image de télévision et les critères d'appréciation.

En pourcentage, le critère B est satisfait dans 65 % des cas, alors que le critère C l'est dans 75 %.

Les diagrammes de la *figure 14* mettent en évidence la répartition des différents critères en fonction de la qualité globale de l'image de télévision. A remarquer de nouveau que le nombre de cas favorables augmente en fonction de la qualité de l'image. Pour une note égale à 3, la probabilité de satisfaire l'un des critères est d'environ 0,5, ce qui est relativement faible compte tenu de la fréquence d'apparition de cette note en service réel.

Les échos ont été subdivisés en échos faibles, forts et diffus. Le *tableau VI* souligne l'influence des divers

Tableau VI. Cas favorables pour les services de télévision et de télétexte en fonction d'un brouilleur

Brouilleur	Nombre d'observations	Q _I ≥ 3	Critère satisfait	
			B	C
Echo faible (discret)	32	32	29	31
Echo fort (discret)	16	9	4	6
Echo diffus	20	15	9	10
Bruit	18	18	16	17
Interférence	6	5	2	5

Q_I Note de qualité (télévision)
 Critères B et C, voir chapitre 8

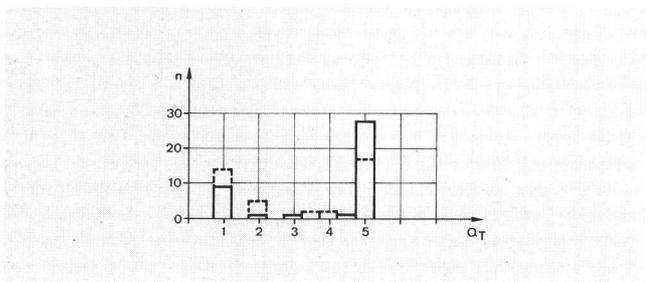


Fig. 9
Histogrammes de la qualité de la page de télétexte (points communs aux deux campagnes)
 Q_T Note de qualité (télétexte)
 n Nombre d'observations
 - - - 1^{re} campagne d'essais
 — 2^e campagne d'essais

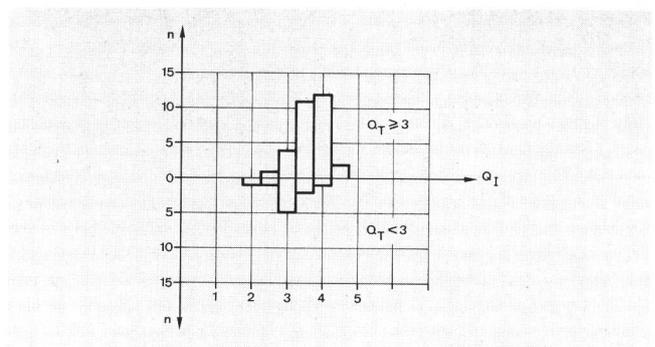


Fig. 10
Répartition de la qualité de la page de télétexte en fonction de la qualité de l'image de télévision (points communs aux deux campagnes)
 Q_I Note de qualité (télévision)
 Q_T Note de qualité (télétexte)
 n Nombre d'observations

brouilleurs. Les échos forts et les échos diffus sont en grande partie responsables de la dégradation de la qualité du service de télétexte.

923 Troisième campagne d'essais

On analyse tout d'abord les résultats relatifs au service de télévision. Pour faciliter l'écriture, les codes QS, E et S sont introduits; ils se rapportent naturellement aux récepteurs à détection quasi-synchrone (QS), d'enveloppe (E) et synchrone (S). Les histogrammes de la qualité de l'image de télévision sont représentés à la *figure 15*, en fonction du type de récepteur. Les fonctions de répartition statistique étant plus ou moins normales, les valeurs moyennes et les écarts-types pour les trois récepteurs ont été déterminés:

- détection quasi-synchrone $\bar{Q}_I = 3,4, \sigma = 0,45$
- détection d'enveloppe $\bar{Q}_I = 3,45, \sigma = 0,55$
- détection synchrone $\bar{Q}_I = 3,7, \sigma = 0,5$

Ces quelques résultats soulignent la *faible influence des caractéristiques techniques et des performances des récepteurs sur la qualité de l'image de télévision*. Le récepteur à détection synchrone donne des valeurs un peu plus élevées, étant d'une technologie plus moderne. Les chiffres ci-après confirment les résultats obtenus lors de la recherche du degré de couverture des zones retenues pour les essais. Les pourcentages P obtenus

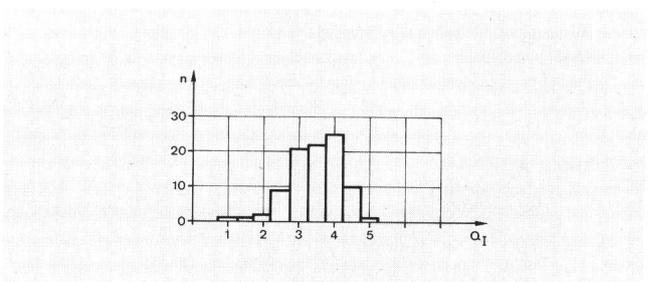


Fig. 11
Histogramme de la qualité de l'image de télévision
 Q_I Note de qualité (télévision)
 n Nombre d'observations

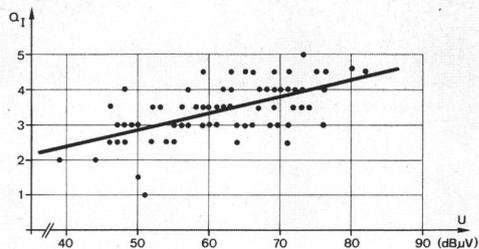


Fig. 12
Qualité de l'image de télévision en fonction du niveau HF
 Q₁ Note de qualité (télévision)
 U Niveau HF aux bornes du téléviseur

pour $Q_1 \geq 3$ sont les suivants:

- QS P = 80 %
- E P = 80 %
- S P = 92 %

Les essais en diffusion de données sont résumés à la *figure 16*. Le critère d'appréciation est cette fois-ci objectif. Il s'agit de compter les erreurs de transmission en un intervalle de temps donné (*annexe II*). Si le taux d'erreurs P_e correspondant est égal ou inférieur à 10^{-4} , la transmission est considérée comme satisfaisante pour une diffusion future de signaux de télétexte, et la qualité de la page de télétexte se situe entre les critères B et C [15], [19].

La figure 16 permet de faire les remarques suivantes:

- A la fréquence élément binaire la plus basse, les caractéristiques et les performances des platines n'in-

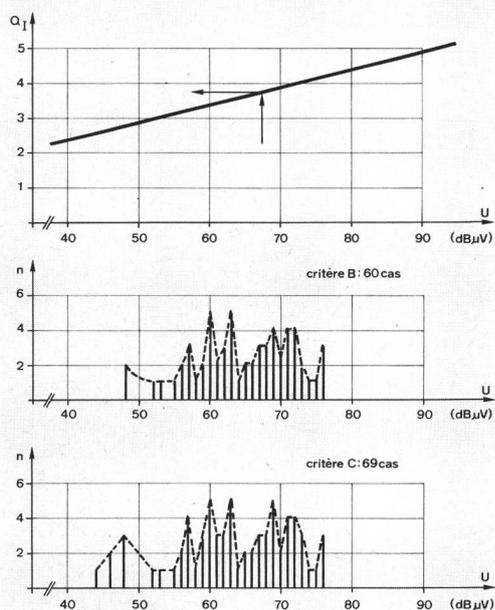


Fig. 13
Diagrammes en bâtons des critères B et C en fonction du niveau HF et de la qualité de l'image de télévision
 Q₁ Note de qualité (télévision)
 U Niveau HF aux bornes du téléviseur
 Critère B } Voir définition chapitre 8
 Critère C }
 n Nombre d'observations

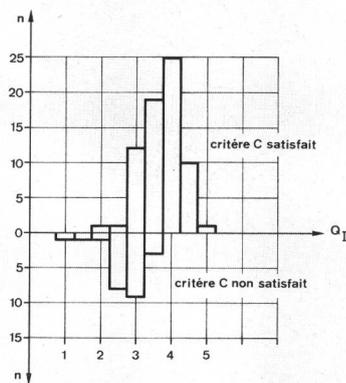
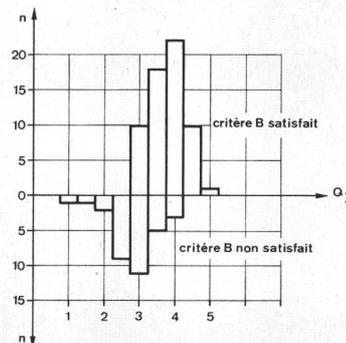


Fig. 14
Répartition de la qualité de la page de télétexte en fonction de la qualité de l'image de télévision
 Q₁ Note de qualité (télévision)
 Critère B } Voir définition chapitre 8
 Critère C }
 n Nombre d'observations

terviennent pratiquement pas (il y a là une certaine analogie avec le service de télévision). Les pourcentages pour une transmission satisfaisante se situent entre 84,5 et 90,9 %: ils sont très proches de ceux trouvés en télévision. La couverture d'une zone de service en télévision et en diffusion de données se recoupe assez bien. Malheureusement, le débit numérique est trop faible, et l'on ne pourrait plus faire usage des propriétés du système de télétexte Ceefax/Oracle actuel, à moins de réduire le nombre de caractères par rangée, ce qui n'est pas souhaitable.

- A 6,203 MHz, une certaine disparité se fait jour entre les platines. Alors que les résultats sont assez semblables pour E et S, on observe un pourcentage de cas favorables plus faible pour QS. Cela semble provenir d'un désalignement des étages FI.
- A 6,937 MHz, le récepteur QS devient inutilisable pour la raison invoquée ci-dessus. Des résultats similaires sont à nouveau observés dans le cas de E et de S. Ce comportement, déjà relevé à 6,203 MHz, indique que la supériorité de la détection synchrone est battue en brèche. En laboratoire ou lors de mesures de recette, on peut s'affranchir des distorsions de quadrature, ce qui n'est pas le cas en détection d'enveloppe. Mais sur le terrain, ces effets semblent secondaires au regard des multiples distorsions affectant le signal numérique.

Il est important de noter, d'une manière générale, que les performances des récepteurs, suffisantes en télévi-

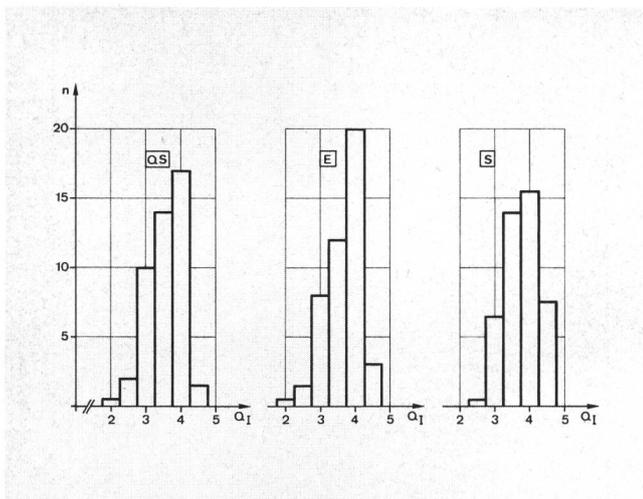


Fig. 15
Histogrammes de la qualité de l'image de télévision
 Q₁ Note de qualité (télévision)
 QS Récepteur à détection quasi-synchrone
 E Récepteur à détection d'enveloppe
 S Récepteur à détection synchrone
 n Nombre d'observations

tion, deviennent insuffisantes en diffusion de données. C'est un point à souligner, car il impose ainsi aux matériels de réception des caractéristiques techniques plus sévères.

A la figure 17, la répartition des cas favorables (taux d'erreurs $\leq 10^{-4}$) et défavorables (taux d'erreurs $> 10^{-4}$) en fonction de la qualité de l'image de télévision a été dessinée pour les trois types de récepteurs et les trois fréquences éléments binaires.

Une fois de plus, on remarque que la probabilité d'avoir une transmission numérique sans erreur ou perte est d'autant plus élevée que la fréquence élément binaire est basse et l'image de télévision de bonne qualité. La corrélation entre la qualité globale de l'image de télévision et la qualité de la voie numérique dépend des équipements et de la fréquence élément binaire et elle se situe entre $-0,4$ et $-0,7$. Lors de la détermination du critère d'appréciation, en l'occurrence le taux d'erreurs, les rapports signal sur bruit avaient été relevés à l'aide de la relation citée au chapitre 8. Le tableau VII résume les valeurs trouvées. On note que le rapport signal sur bruit moyen S/B diminue légèrement pour une fréquence élément binaire décroissante: seul le bruit dans le canal perturbe la réception des données (limites du système). Cela est corroboré par une étude récente du

Tableau VII. Rapport signal sur bruit pour un taux d'erreurs de 10^{-4}

f_{eb} [MHz]	QS		E		S	
	$S/B \pm \sigma$ [dB]	n	$S/B \pm \sigma$ [dB]	n	$S/B \pm \sigma$ [dB]	n
4,296	$26,5 \pm 3$	37	25 ± 2	36	24 ± 3	35
6,203	28 ± 3	29	$27,5 \pm 2,5$	32	$25,5 \pm 3$	32
6,937	$28,5 \pm 3$	18	$27,5 \pm 3$	28	26 ± 3	28

f_{eb} Fréquence élément binaire
 S/B Rapport signal sur bruit moyen en vidéo
 σ Ecart-type
 n Nombre d'observations
 QS Récepteur à détection quasi-synchrone
 E Récepteur à détection d'enveloppe
 S Récepteur à détection synchrone

CCETT [20], dans laquelle des rapports signal sur bruit ont été calculés en présence de bruit uniquement pour différents taux d'erreurs.

Les brouilleurs ont à nouveau été rangés en cinq classes, puis répartis en fonction des récepteurs et des fréquences éléments binaires (tab. VIII). Il ressort une fois de plus que les échos sont les brouilleurs les plus gênants.

924 Remarques

On s'est limité dans le présent chapitre aux résultats les plus directs. De nombreux aspects de la transmission numérique en particulier ont été délibérément laissés de côté. Dans chaque cas de réception, une soixantaine de valeurs, correspondant à autant de paramètres, ont été mesurées. Puis, grâce à des programmes en langage APL, les coefficients de corrélation ont été calculés entre chaque paramètre. Mises sous forme de matrice, ces valeurs permettaient de rechercher des liaisons possibles entre les différentes grandeurs appréhendées sur le terrain [17].

10 Campagne d'essais à l'aide d'un code biphase

Le système de télétexte Ceefax/Oracle et le système de diffusion de données DIDON utilisent le code NRZ. Pour un canal de transmission donné, le procédé NRZ permet d'atteindre, en cas d'utilisation optimale de la bande, le débit numérique le plus élevé. En revanche, en raison de la structure du signal codé, les composantes de la fréquence d'horloge demeurent très faibles. A la réception, la restitution indispensable des impulsions d'horloge nécessitera des dispositifs relativement complexes.

Cet inconvénient n'existe pas avec le système biphase, dont chaque élément binaire est constitué de deux éléments binaires complémentaires. Pour une même largeur de bande, le débit numérique n'est que la moitié de celui du système NRZ, mais les signaux bi-

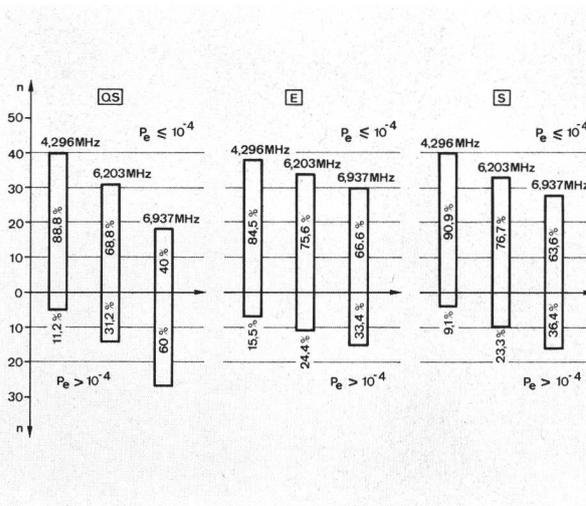


Fig. 16
Répartition des observations en diffusion de données en fonction du taux d'erreurs P_e (les fréquences correspondent à f_{eb})
 P_e Taux d'erreurs
 QS Récepteur à détection quasi-synchrone
 E Récepteur à détection d'enveloppe
 S Récepteur à détection synchrone
 n Nombre d'observations

Tableau VIII. Cas favorables pour le service de diffusion de données en fonction d'un brouilleur.

Brouilleur	Nombre d'observations	Critère $P_e \leq 10^{-4}$ satisfait								
		$f_{eb} = 4,296 \text{ MHz}$			$f_{eb} = 6,203 \text{ MHz}$			$f_{eb} = 6,937 \text{ MHz}$		
		QS	E	S	QS	E	S	QS	E	S
Echo discret	20	20	18	19	13	17	17	6	13	13
Echo diffus	9	5	5	7	4	5	5	3	4	4
Bruit	12	12	12	12	12	10	11	12	11	11
Moirage	3	2	2	2	2	1	1	1	1	1
Interférence	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1

f_{eb} Fréquence élément binaire
 QS Récepteur à détection quasi-synchrone
 E Récepteur à détection d'enveloppe

S Récepteur à détection synchrone
 P_e Taux d'erreurs

phases contiennent en permanence d'importantes composantes de la fréquence d'horloge. En outre, il est aisé de déceler des erreurs, en vérifiant que chaque élément binaire renferme bien deux éléments complémentaires. Des essais ont été réalisés à l'aide de ce code en Italie [21] et en Suisse [22], où ils se sont déroulés dans les zones 1, 2 et 5 et comprenaient 47 observations, dont 26 sur des réseaux de télédistribution. Il ressort de cette campagne, lors d'une transmission de télétexte en NRZ (6,9 Meb/s), que le critère C n'a pas pu être satisfait dans 3 cas sur une chaîne de réémetteurs et dans 2 cas sur les réseaux de télédistribution. En biphase (3,45 Meb/s), la réception du télétexte n'a posé aucun problème. L'expérience italienne et suisse conduit à penser que le système biphase présente des avantages en matière de protection contre les distorsions de phase et de non-linéarité [5].

Quelques aspects particuliers à la propagation hertzienne sont développés dans un document cité en référence [23] dans le cas de la campagne suisse.

A la lumière des expériences réalisées à l'aide de DIDON, il semblerait qu'un signal codé en NRZ et à la fréquence élément binaire d'environ 5 MHz donnerait un bon compromis débit numérique-robustesse. Si l'on réduisait encore le débit pour atteindre par exemple 3,5 Meb/s, les avantages du système biphase [5], pour un débit identique, ne sont plus aussi marquants. L'introduction de ce système pourrait être toutefois envisagée dans des situations critiques particulières, là où le signal codé en NRZ serait par trop dégradé.

11 Commentaires

Il résulte des propriétés du réseau de diffusion hertzienne que tout signal émis se déforme au cours de la transmission et que le récepteur reçoit, au lieu du signal émis, un signal déformé [20]. Le signal de télévision et le signal de données sont ainsi perturbés depuis le studio jusqu'au téléviseur par des distorsions linéaires et non linéaires. Mais ce qui est vrai pour l'un ne l'est pas nécessairement pour l'autre. Les impulsions du signal de données sont déformées par les impulsions voisines et ce phénomène de chevauchement est appelé interférence entre symboles. Il représente une entrave à l'augmentation du débit de la voie numérique. La dégradation de la qualité des voies numériques peut se produire à différents niveaux de la chaîne de transmission, à savoir

- à l'émission
- au cours de la diffusion hertzienne
- à la réception

111 Emission

Les équipements d'émission dégradent la qualité des signaux numériques du fait de leurs caractéristiques particulières de modulation [24]. Si l'ouverture de l'œil¹ est très peu déformée ($\sim 100\%$) à la sortie de la source

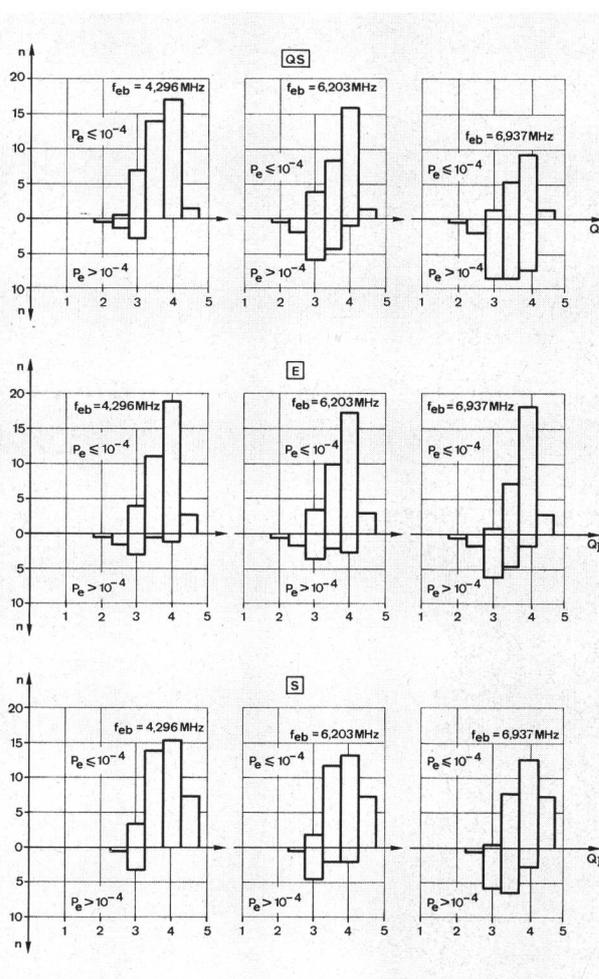


Fig. 17 Répartition des observations en diffusion de données en fonction de la qualité de l'image de télévision

f_{eb} Fréquence élément binaire
 Q_I Note de qualité (télévision)
 QS Récepteur à détection quasi-synchrone
 E Récepteur à détection d'enveloppe
 S Récepteur à détection synchrone
 n Nombre d'observations

¹ La méthode de mesure de l'ouverture ou de la hauteur de l'œil fait appel à une mesure statistique des fréquences de passage du niveau «1» et du niveau «0» à une hauteur donnée [12]

numérique, elle est altérée par les caractéristiques de l'émetteur de télévision. Les valeurs suivantes, mesurées au moyen du récepteur à détection synchrone, sont représentatives des équipements à la station du Bantiger à la fréquence élément binaire de 6,937 MHz: 68 à 75 %. Ces valeurs augmentent au fur et à mesure que la fréquence élément binaire décroît.

Une étude réalisée par la BBC [25] a montré que l'ouverture de l'œil est déjà réduite d'environ 6 % lors de la transmission du signal Ceefax/Oracle, prévu pour le système de télévision I, au travers d'un système B/G.

Le réseau des réémetteurs représente également une source de distorsions du signal. On sous-entend ici les dégradations apportées par les caractéristiques propres du réémetteur. Mais il semble toutefois, et on le verra plus loin, que le signal capté, puis traité et réémis, est plus perturbé par le mécanisme de la propagation que par le réémetteur.

A ces multiples problèmes s'ajoute encore celui de l'adaptation des antennes, cause de nombreux échos brefs gênant la diffusion des données.

112 Propagation

Le problème de la propagation, important et complexe, est souvent sous-estimé en diffusion hertzienne [23], [26].

Les principales sources de dégradation susceptibles de nuire à la qualité du signal diffusé sont

- les bruits
- les parasites récurrents et impulsifs
- les phénomènes d'échos par trajets multiples

La gêne apportée par ces brouilleurs n'est ressentie qu'au niveau de la réception. En prenant en considération le fait que les matériels de réception introduisent également des distorsions, il est parfois difficile de caractériser les causes, les effets observés étant souvent très semblables.

Le bruit est un élément parasite important qui, en présence d'autres perturbations, agit comme facteur aggravant. Il est la conséquence des limitations volontaires ou non des amplitudes du signal HF à l'emplacement de réception, tel par exemple le champ faible à la limite de la zone de couverture.

Les parasites industriels (véhicules, appareils électroménagers, etc.) sont très néfastes. Ils peuvent avoir des effets perturbateurs au niveau de l'en-tête (pertes de paquets ou de rangées) et du paquet de données (erreurs ou pertes de caractères) [5].

Les distorsions dues à la topographie particulière de la Suisse et au concept des réseaux d'émetteurs et de réémetteurs peuvent être très critiques en diffusion de données. La position particulière des sites d'émission et de réception, la faible distance entre ces points et la présence d'obstacles voisins sont les éléments qui favorisent les phénomènes de propagation par trajets multiples. L'antenne de réception reçoit alors une onde électrique directe et une ou plusieurs ondes réfléchies dont les retards peuvent être faibles par rapport à l'onde directe (échos brefs). Les déformations du spectre ainsi engendrées dépendent de la hauteur des antennes d'émission et de réception, de leur proximité et des zones de réflexions. Les caractéristiques de ces der-

nières varient d'une saison à l'autre et en fonction des conditions météorologiques, surtout en UHF, ce qui fait que pour des hauteurs d'antenne fixes, la déformation du spectre ne restera pas stable dans le temps. Des essais sur le terrain ont montré que les qualités optimales des services de télévision et de télétexte ne s'obtiennent pas pour une hauteur d'antenne identique. La desserte d'une zone de couverture par un service de télétexte de qualité constante semble ainsi compromise dans ces conditions.

113 Réception

L'équipement de réception peut être défini à partir de trois blocs fonctionnels

- platine HF-FI-démodulation (partie intégrante d'un téléviseur domestique)
- système d'extraction des données du signal vidéo
- traitement et visualisation des informations numériques [5]

La platine, en plus du bruit de fond, apporte des distorsions de phase, d'amplitude, de composition et de quadrature [20]. Ces distorsions sont liées aux principes de la modulation utilisées en télévision, qui nécessite, à la démodulation, un filtre dissymétrique. Certains de ces défauts peuvent être plus ou moins neutralisés. Les distorsions de quadrature sont difficilement compensables avec un récepteur équipé d'une détection d'enveloppe. Elles disparaissent complètement en détection synchrone. Il ne faut pas perdre de vue que le sous-ensemble HF-FI-démodulation est conçu pour la reproduction d'images de télévision, ce qui permet une certaine liberté due au fonctionnement de la vision, et non, de prime abord, à la transmission de données. Le système d'extraction des données peut aussi jouer un rôle non négligeable dans la dégradation de la qualité du signal numérique. Les performances de ce dispositif peuvent être analysées à l'aide de l'ouverture de l'œil, qui caractérise le signal numérique avant décodage, et le taux d'erreurs, lequel spécifie la qualité du signal après décodage.

La gêne globale apportée par l'ensemble de la chaîne de transmission est évaluée à l'aide des diverses méthodes de mesure citées au chapitre 8, et les résultats chiffrés sont présentés dans le chapitre 9. On se propose dans ce qui suit d'énumérer diverses informations recueillies sur le terrain:

- l'observation de la ligne de télévision 17, et en particulier les impulsions 2T et 20T, est intéressante pour tenter de caractériser la nature de la distorsion (écho, erreur de phase sur la 2T; rapport luminance/chrominance à l'aide de la 20T). La présence d'échos à la réception, due à la topographie particulière d'une zone de service, peut être mise en évidence en modifiant la hauteur de l'antenne de réception: les amplitudes des impulsions 2T et 20T varient alors dans de très fortes proportions [23]
- les réflexions courtes (retard $< 1 \mu\text{s}$), créées par les conditions de transmission et de réception inhérentes à la Suisse (voir 112), dégradent la qualité des signaux numériques, mais peu celle du service de télévision. L'inverse semblerait être vrai pour des retards supérieurs à la microseconde

- l'incidence de la phase et du retard des échos sur la qualité de la transmission numérique semble dépendre du débit numérique et des équipements [19], [27]
- un affaiblissement des fréquences hautes du spectre ne gêne souvent que peu la réception du signal de télévision du fait de l'utilisation d'une commande automatique de gain de la chrominance. En revanche, son influence en diffusion de données peut être néfaste: réduction de l'amplitude de la salve de synchronisation élément binaire, d'où non-synchronisation
- pour une diminution monotone du rapport signal sur bruit de la vidéo, la qualité de l'image de télévision suit une courbe parallèle. En transmission de données, on passe brusquement d'un état utilisable à un état inutilisable
- si l'on consulte les tableaux V, VI et VIII, on constate que le bruit seul n'apparaît que rarement (20 à 30 % des cas). A l'inverse, les échos sont les brouilleurs les plus fréquemment rencontrés (64 à 75 % des cas)
- la qualité du canal son n'a pas été évaluée
- l'accord du téléviseur est un paramètre non négligeable qui influe énormément sur la dégradation du signal numérique. Sans commande automatique de fréquence, un téléviseur est inutilisable du fait des dérives de l'oscillateur local et des imprécisions d'accord par l'utilisateur. Il peut en résulter, suivant le sens du désaccord, une accentuation des fréquences hautes ou basses du spectre qui perturbe les deux services. Tous les récepteurs utilisés dans les campagnes étaient, sans exception, équipés d'une commande automatique de fréquence
- adaptation antenne-récepteur (source d'échos)
- les essais ont été effectués sur la totalité des bandes III, IV et V, et partiellement en bande I. On a ainsi largement tenu compte des effets des différentes fréquences de la porteuse image sur la diffusion hertzienne et sur les performances des récepteurs
- lors des mesures avec le système de télétexte, le cycle d'acquisition d'une page était relativement élevé (de l'ordre de 24 s). Par une modification du générateur de page (réduction du nombre de pages) et l'introduction d'un nouveau critère d'appréciation, les mesures sur le terrain peuvent être accélérées. Cette procédure intéressante a été introduite par l'IRT¹ pour ses campagnes d'essais en République fédérale d'Allemagne [28]. Si de nouvelles expériences avec des systèmes de télétexte sont décidées, la méthode décrite ci-dessus pourrait être appliquée. Pour l'évaluation du service de télétexte, il n'existe malheureusement pas encore de séquences de données types permettant de procéder à une appréciation subjective, un peu comme il existe des diapositives normalisées pour évaluer la qualité de la télévision
- la transmission au travers d'un réseau de télédistribution ne pose en principe aucun problème, en tant que l'installation réponde à certains critères de qualité et que le signal capté à la station de tête ne soit pas perturbé
- l'évaluation subjective de la qualité de l'image de télévision à l'aide de la mire PTT conduit à un jugement plus sévère de la qualité de service. Les pourcentages indiqués pour $Q_1 \geq 3$ sont à considérer comme des va-

leurs minimales, car en pratique les contenus d'image sont généralement moins critiques

12 Conclusions

Les expériences réalisées en diffusion de données dans un canal de télévision, systèmes CCIR-B/G, soulignent l'importance des matériels et l'influence de la fréquence élément binaire et de la diffusion hertzienne.

Une certaine dégradation de la qualité du signal numérique est déjà observée au niveau des équipements d'émission. La platine HF-FI-démodulation contribue également à distordre le signal numérique, bien que ses performances influent peu sur la qualité de l'image de télévision.

L'écho est l'une des causes principales de dégradation de la qualité. Sa caractérisation, puis la recherche de son origine posent certains problèmes. Un phénomène d'écho peut avoir comme source les trajets multiples, mais aussi une mauvaise adaptation des antennes et des caractéristiques électriques des équipements défavorables. Ce type de brouillage affecte la qualité des services de télévision et de diffusion de données de manière fort différente.

Les échos brefs gênent la diffusion des données, mais peu celle du signal de télévision. Le bruit agit comme facteur aggravant.

Le *tableau IX* résume l'ensemble des résultats principaux des campagnes d'essais.

Ces résultats sont à considérer dans des contextes spécifiques: équipements à disposition, zones et sites de mesure, méthodes d'appréciation objectives et subjectives de la qualité des signaux émis.

La qualité de service en diffusion de données ne se recoupe que partiellement avec celle de la télévision classique. La probabilité qu'une transmission numérique se fasse sans erreur ou perte est d'autant plus élevée que la fréquence élément binaire est basse et l'image de télévision de bonne qualité. Cette constatation s'applique tout particulièrement aux résultats de la dernière campagne d'essais.

Des considérations précédentes, le choix d'un code NRZ et d'une fréquence élément binaire d'environ 5 MHz donnerait un bon compromis débit numérique-robustesse dans le cas d'une diffusion de données en Suisse.

Les systèmes de télétexte ou de diffusion de données sont des systèmes relativement nouveaux. A ce titre, ils sont perfectibles et l'on pourrait par des améliorations successives accroître la qualité de réception (tolérances des équipements d'émission, adaptation des antennes, norme de codage, débit numérique, décodeur plus performant, etc.). Les évolutions prévisibles des sous-ensembles HF-FI-démodulation iront dans le sens d'une amélioration des performances des systèmes de diffusion de données, mais aussi, dans une certaine mesure, de celles du service de télévision.

Annexe I

Il est souvent important en pratique de définir une valeur de *crête* pour le bruit gaussien. Etant donné le caractère aléatoire de ce bruit, il est évident qu'une telle définition sera en quelque sorte arbitraire. La valeur de «*crête*» de bruit est définie par la valeur V , qui a une pro-

¹ IRT = Institut für Rundfunktechnik, München

Tableau IX. Pourcentages des cas favorables pour les services de télévision et de télétexte ou de diffusion de données

Numéro de la campagne	Nombre		Type de récepteur	Q _I ≥ 3 [%]	Pourcentage des cas pour lesquels le critère est satisfait						Remarques
	de sites	d'observations			Page de télétexte (Ceefax/Oracle)			Séquences pseudo-aléatoires (P _e ≤ 10 ⁻⁴) (DIDON)			
					Q _T ≥ 3	B	C	f _{eb} = 4,296 MHz	f _{eb} = 6,203 MHz	f _{eb} = 6,937 MHz	
1 (Mai 1977)	13	40	Téléviseur	92	53	—	—	—	—	—	Première campagne d'essais
2 (Août – septembre 1977)	13	40	Téléviseur	92	75	—	—	—	—	—	Décodeur plus performant que lors de la 1 ^{re} campagne
	33	92	Téléviseur	86	—	65	75	—	—	—	
3 (Mi-avril – mai 1978)	16	45	Quasi-synchrone	80	—	—	—	89	69	40	P _e ≤ 10 ⁻⁴ (entre les critères B et C)
			Enveloppe	80	—	—	—	85	76	67	
			Synchrone	92	—	—	—	91	77	64	

tabilité d'être dépassée p_v donnée et très faible. Il s'en suit que cette valeur V dépendra de la valeur choisie arbitrairement pour p_v.

Comme le bruit a une distribution normale et que le processus est ergodique, la probabilité que le bruit dépasse la valeur V est [29]

$$p_v = 1 - \frac{1}{U_{\text{eff}} \sqrt{2\pi}} \int_{-|V|}^{+|V|} \exp - \left[\frac{u^2}{2U_{\text{eff}}^2} \right] du$$

En utilisant la fonction de répartition normale

$\Phi^* \left[\frac{|V|}{U_{\text{eff}}} \right]$, tabulée, on obtient [30]

$$p_v = 2 \left\{ 1 - \Phi^* \left[\frac{|V|}{U_{\text{eff}}} \right] \right\}$$

Dans le cas présent, on ne propose pas une probabilité p_v, mais on admet que la valeur de crête, mesurée sur l'écran d'un oscilloscope vaut 3...4 fois la valeur efficace U_{eff}: on englobe ainsi «presque» toutes les crêtes. La probabilité que cette valeur soit dépassée est de p_v = 2 · 10⁻⁴, ce qui est très faible. On obtient ce résultat en remplaçant la limite V par 3,5 · U_{eff}. On peut aussi mesurer sur l'oscilloscope la valeur crête-à-crête du bruit, ce qui donnerait alors U_{cc} = 7 · U_{eff}.

En télévision, le rapport signal sur bruit est défini de la manière suivante:

$$S/B = (BA/U_{\text{eff}})^2$$

avec BA Amplitude nominale de la luminance (0,7 V)

U_{eff} Valeur efficace du bruit (largeur de bande = 5 MHz)

En introduisant en lieu et place de la valeur efficace la valeur crête-à-crête, le rapport signal sur bruit devient

$$S/B = (7 \cdot BA/U_{\text{cc}})^2$$

ou sous forme logarithmique

$$S/B = 20 \log \frac{BA}{U_{\text{cc}}} + 17 \text{ [dB]}$$

Des essais en laboratoire ont confirmé la validité de cette relation (écarts inférieurs à 2 dB).

Annexe II

La caractérisation numérique permet une mesure chiffrée facilement interprétable pour l'utilisateur d'une voie numérique. Cette caractérisation s'appuie sur la définition de deux paramètres:

- le taux d'erreurs élément binaire ou nombre des éléments binaires reçus de façon erronée au nombre d'éléments binaires reçus
- le taux de pertes élément binaire ou rapport du nombre d'éléments binaires non reçus au nombre d'éléments binaires émis

Ce genre de mesure ne vaut que par son aspect statistique, ce qui sous-entend le traitement d'une masse importante de données. Ces deux paramètres correspondent à des valeurs moyennes. Le taux d'erreurs se situe au niveau du bloc de données, alors que le taux de pertes se situe au niveau de l'en-tête. On considère dans cette étude le cas des erreurs (P_e).

Les trois fréquences éléments binaires, ainsi que le nombre d'octets par bloc de données, sont connus (54). Le débit numérique d_n est donné par

$$d_n = 8 \cdot n_o \cdot f_t \cdot n_l \text{ [eb/s]}$$

avec n_o Nombre d'octets par bloc de données (fonction de f_{eb})

- f_t Fréquence de trame en s^{-1} (caractéristique du signal de télévision)
 n_l Nombre de lignes de télévision utilisées par trame

De la définition du taux d'erreurs et en admettant que n_e est le nombre des éléments binaires reçu de façon erronée en un intervalle de temps Δt :

$$P_e = \frac{n_e}{d_n \cdot \Delta t} \quad [1]$$

Le taux d'erreurs P_e de 10^{-4} étant donné [19], ainsi que le débit, on doit déterminer n_e . D'où pour les différentes fréquences f_t avec $f_t = 50 s^{-1}$, $n_l = 1$ et $\Delta t = 10 s$:

– 4,296 MHz	$n_e \cong 8$	($n_o = 19$)
– 6,203 MHz	$n_e \cong 13$	($n_o = 32$)
– 6,937 MHz	$n_e \cong 15$	($n_o = 37$)

Si les nombres affichés sur le compteur étaient inférieurs à ces valeurs, on affaiblissait le signal HF jusqu'à égalité. Cet affaiblissement représente la marge ou la réserve de signal en un point de mesure donné.

Bibliographie

- [1] Broadcast Teletext Specification. Joint publication by BBC, IBA and BREMA. London, September 1976.
- [2] Guinet Y. Etude comparative des systèmes de télétexte en radiodiffusion. Bruxelles, Revue de l'UER, cahier technique (1977) 165, p. 242.
- [3] Cominetti M., D'Amato M. et Zetti G. Il Teletext: nuovo servizio di diffusione di informazioni all'utente televisivo. Torino, Elettronica e telecomunicazioni 27 (1978) 1, p. 9.
- [4] Green N. W. et Hedger J. Oracle: Service de télétexte expérimental de la télévision indépendante au Royaume-Uni. Bruxelles, Revue de l'UER, cahier technique (1976) 160, p. 275.
- [5] Klingler R. Les systèmes de télétexte unidirectionnels. Berne, Bull. techn. PTT 56 (1978) 7, p. 254.
- [6] Noirel Y. Un système expérimental de diffusion de données par paquets. Paris, Radiodiffusion-télévision 9 (1975) 40, p. 11.
- [7] Guinet Y. Nouveaux services offerts par un système de diffusion de données par paquets. Bruxelles, Revue de l'UER, cahier technique (1975) 149, p. 3.
- [8] Mac Williams J. F. and Sloane N. J. Pseudo-Random Sequences and Arrays. New York, Proceedings of the IEEE 64 (1976) 12, pp. 1715.
- [9] Schooley L. C. and Mac Curnin T. W. Measurement of Bit Errors in Data Transmission Systems. New York, IEEE Transactions on Communications COM-24 (1976) 1, pp. 144.
- [10] Méthode d'évaluation subjective de la qualité des images de télévision. Avis 500 Comité Consultatif International des Radiocommunications CCIR. Genève 1974, 13^e assemblée plénière, vol. XI, p. 65.
- [11] Dublet G. Les mesures de taux d'erreurs en diffusion de données. Paris, Radiodiffusion-télévision (1977) 49, p. 6.
- [12] Noirel Y. DIDON. Mesure de la qualité du signal de données. Centre Commun d'Etudes de Télévision et de Télécommunications, CCETT. Rennes, Rapport technique RSI/T/07/78, mars 1978.
- [13] Bärffuss Ch. et Schlaubitz M. Service de télétexte. Première campagne de mesure. Berne, Direction générale des PTT, Division des recherches et du développement, Rapport VD 11.041 du 27. 7. 77.
- [14] Stebbings D. W. Ceefax: UHF Field Trials. BBC Research Department Report, London (1975) 12.
- [15] Croll M. G. and Wright D. T. Ceefax: Field Trials at VHF Using System B — Bavaria — April 1975. London, BBC Research Department Report (1977) 18.
- [16] Bärffuss Ch., Wirth J. et Schlaubitz M. Service de télétexte. Deuxième campagne de mesure. Berne, Direction générale des PTT, Division des recherches et du développement, Rapport VD 11.046 du 25. 11. 77.
- [17] Bärffuss Ch. Diffusion de données par paquets (DIDON) dans un canal de télévision (normes B/G). Influence de la fréquence élément binaire et de la platine de réception sur la qualité de transmission d'une voie numérique. Berne, Direction générale des PTT, Division des recherches et du développement, Rapport VD 11.054 du 22. 8. 78.
- [18] Dublet G. DIDON. Campagne de mesure région Centre-Est. Résultats. Centre Commun d'Etudes de Télévision et de Télécommunications, CCETT. Rennes, Rapport technique RSI/T/17/78, mai 1978.
- [19] Dublet G. Méthodes utilisées et principaux résultats obtenus lors d'une campagne de mesure «DIDON» dans la région Centre-Est. Centre Commun d'Etudes de Télévision et de Télécommunications, CCETT. Rennes, Rapport technique RSI/T/27/78, juillet 1978.
- [20] Vardo J. C. DIDON. Diffusion de données par paquets. Modèle théorique d'une voie numérique. Centre Commun d'Etudes de Télévision et de Télécommunications, CCETT. Rennes, Rapport technique RSI/T/22/77.
- [21] Teletext Field Trials in Italy. A First Analysis of Results (Contribution from the RAI). Bruxelles, UER Doc. GT I 033, 1977.
- [22] Cominetti M. and Klingler R. Field Trials in Switzerland with NRZ and Biphase Coded Data Signals Transmitted via Community Antenna Systems and Transposer Chains. Berne, Direction générale des PTT, Division des recherches et du développement, Rapport VD 11.047 du 23. 1. 78.
- [23] Bernath K. W., Bärffuss Ch. und Klingler R. Feldversuche mit Videotext-Systemen in der Schweiz. Symposium «Elektronische Textkommunikation». München, Münchner Kreis, Übernationale Vereinigung für Kommunikationsforschung, 12. — 15. Juni 1978.
- [24] Bourassin L. Les systèmes de télévision à bandes latérales asymétriques. Paris, Onde électrique 34 (1954) 332, p. 897.
- [25] Kallaway M. J. Ceefax: Spectrum — Shaping Filter. London, BBC Research Department Report (1977) 43.
- [26] Bernath K. et Brand H. Influence de la propagation multiple sur la distorsion à la réception des signaux de télévision. Bruxelles, Revue de l'UER, cahier A technique (1958) 47, p. 12.
- [27] Bärffuss Ch. et Schlaubitz M. Diffusion de données par paquets dans un canal de télévision (normes B/G). Influence d'un écho en phase et en opposition de phase et de la fréquence élément binaire sur le taux d'erreurs. Berne, Direction générale des PTT, Division des recherches et du développement, Rapport VD 11.055 du 28. 8. 78.
- [28] Bärffuss Ch. Service de télétexte (système Ceefax). Campagne de mesure organisée par l'IRT en République fédérale d'Allemagne. Berne, Direction générale des PTT, Division des recherches et du développement, Rapport VD 11.052 du 3. 4. 78.
- [29] Spatarü A. Théorie de la transmission de l'information. Tome 1: signaux et bruits. Paris, 1970.
- [30] Ventsel H. Théorie des probabilités. Moscou, 1973.