

**Méthodes utilisées et principaux résultats
obtenus lors d'une campagne de mesure
« DIDON » dans la région centre - est**

par Guy DUBLET – Ingénieur du C.C.E.T.T.

Méthodes utilisées et principaux résultats obtenus lors d'une campagne de mesure « DIDON » dans la région centre - est

par Guy DUBLET — Ingénieur du C.C.E.T.T.

1. LES RAISONS DES CAMPAGNES DE MESURES

La diffusion de données par paquets (3) est en passe d'être exploitée sur le plan national dans les années à venir comme support de transmission pour les nouveaux services de communication sociale, et en premier lieu le service de télétexte.

En fait la diffusion de données marque le départ d'une petite révolution technique, à savoir l'introduction de la transmission numérique, jusque là réservée presque exclusivement au domaine professionnel, dans le domaine grand-public.

Mais, pour des raisons aussi bien pratiques qu'économiques, ce changement radical du processus de transport de l'information doit s'opérer en tenant compte de la situation actuelle de notre réseau de diffusion qui assure une couverture quasi complète du territoire par 3 et bientôt 4 réseaux de télévision soit près de 200 émetteurs et plus de 4000 réémetteurs en service.

Le système de diffusion de données ayant été précisément conçu dans un esprit de compatibilité totale avec les réseaux distributeurs du signal de télévision classique, il doit de la même façon pouvoir se satisfaire des conditions de réception que l'on peut actuellement observer sur les trois chaînes. Plus exactement il faut s'assurer que la qualité de desserte des nouveaux services en termes de population desservie sera comparable à celle obtenue aujourd'hui sur le réseau.

Se pose alors le problème de la caractérisation de la qualité en diffusion de données. La politique du C.C.E.T.T. en ce domaine a été la différenciation entre le support d'information c'est à dire le réseau de diffusion et l'utilisateur du support, le prestataire de services, par exemple le télétexte.

Dès lors la mesure de la qualité pourra s'opérer au premier niveau, celui du réseau, par des techniques adaptées au numérique dont les principes de base ont été exposés dans un article du numéro 49 de la revue (1).

Deux paramètres ont été retenus pour la mesure de la qualité en Diffusion de Données :

- Le taux d'erreur ou rapport du nombre d'éléments binaires reçus de façon erronée au nombre d'éléments binaires reçus.

- Le taux de perte ou rapport du nombre d'éléments binaires non reçus au nombre d'éléments binaires émis.

Le C.C.E.T.T., conscient de l'importance du problème dans le cadre d'un service public, a décidé d'organiser avec le concours des Directions Régionales de TDF plusieurs campagnes de mesures dans diverses régions caractéristiques.

2. LES MÉTHODES D'INVESTIGATIONS

Ce type de mesures sur le terrain relève de la statistique en ce sens que les résultats seront extrapolés à l'ensemble du territoire pour une estimation nationale de l'audience.

2.1. Choix des zones-type

Pour amener à des conclusions fiables ces techniques nécessitent plusieurs conditions et en particulier :

- La population doit être segmentée en classes homogènes sur le plan de l'attribut étudié.

- Le nombre d'échantillons dans chaque classe doit être suffisant, d'autant plus grand que la dispersion estimée de l'attribut est importante.

Une première étape a donc consisté à définir trois classes de régions suivant la nature de leur relief naturel ou artificiel :

- Zone de plaine (zone de type I)
- Zone de montagne (zone de type II)
- Zone urbaine (Zone de type III)

Chaque zone donnera lieu à au moins une campagne de mesure particulière réalisée dans une région caractéristique.

Ainsi en octobre 77 s'est déroulée la première campagne dans une zone de type II (montagne) dont on pourra lire les conclusions les plus marquantes dans cet article.

Une autre campagne est actuellement en cours en région parisienne (zone de type III).

2.2. Les causes et les effets de dégradations

Lors d'opérations de cette envergure mobilisant toute une équipe pendant un ou deux mois il est souhaitable de recueillir le plus grand nombre de données en une seule fois afin de pouvoir en tirer le plus d'enseignements possibles dans les dépouillements ultérieurs des fiches de mesures. C'est pourquoi, outre les mesures déjà mentionnées du taux d'erreur et du taux de perte, plusieurs dizaines d'autres paramètres ont été relevés, accompagnés de photographies, nous permettant d'appréhender le « comment » et le « pourquoi » des perturbations du signal numérique.

Nous pourrions considérer (figure 1) que les causes de dégradation du signal se situent à trois niveaux différents dans la chaîne de transmission :

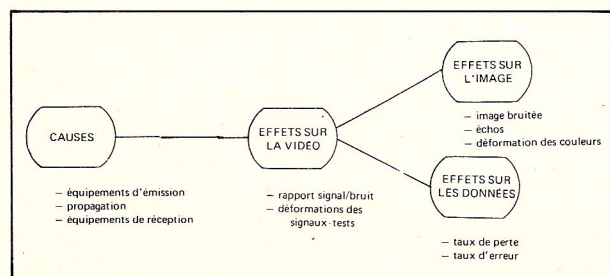


Figure 1 LES CAUSES ET LES EFFETS

La dégradation du signal peut prendre naissance à tous les stades de la transmission. Elle produit ses effets sur le signal vidéo et se traduit par des défauts sur l'image d'une part, sur les données numériques d'autre part.

- * Au niveau des équipements d'émission ou de réémission à cause de la distorsion qu'ils introduisent.
- * Au niveau de la propagation hertzienne, avec en particulier la naissance d'échos par réflexion.
- * Au niveau des récepteurs et plus précisément des ensembles de réception HF/FI/détection.

Toutes ces perturbations produisent des effets sur le signal démodulé (vidéo). Les moyens ne manquent pas de les caractériser, en particulier grâce à l'observation des signaux-tests normalisés.

Enfin la vidéo, déformée et perturbée, va avoir des implications d'une part sur l'image, d'autre part sur les

données numériques. Nous nous intéresseront tout d'abord aux effets sur ces dernières pour l'évaluation de la qualité de desserte en numérique ; puis nous nous attacheront à mettre en évidence des éventuelles corrélations entre les effets sur le numérique et les effets sur la vidéo « classique », démarche qui pourra nous conduire aux causes principales de dégradation et par conséquent aux remèdes possibles.

3. LES RÉSULTATS DE LA PREMIERE CAMPAGNE DE MESURE

La région devant nous servir de modèle de zone montagneuse se devait d'être assez variée pour intégrer le plus de cas possibles et assez concentrée pour limiter les distances à parcourir entre deux sites de mesure. La Région Administrative RHONE-ALPES répondait à ces impératifs. Elle regroupe 8 départements, l'Ain, l'Ardèche, la Drôme, l'Isère, la Loire, le Rhône, la Savoie et la Haute Savoie. Son étendue (250 km. de largeur) confère à son relief une grande variété (figure 2).

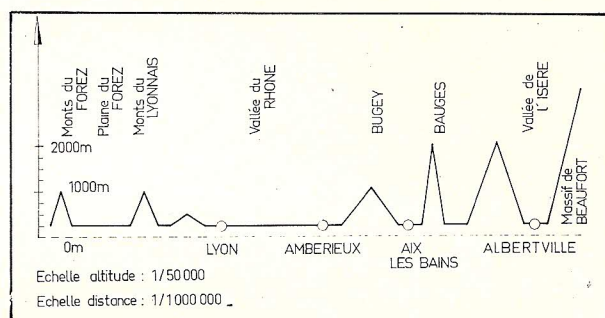


Figure 2

Coupe Est-Ouest de la région Rhône-Alpes à hauteur de Lyon

Intégrée dans la région TDF CENTRE-EST c'est tout naturellement les services de la réception de la Direction Lyonnaise qui furent mis à contribution pour cette expérience.

L'étude a porté sur 7 émetteurs, 5 intercalaires, 42 réémetteurs soit un total de 54 équipements différents. 80 sites géographiques furent choisis (1 ou 2 par équipement d'émission) sur lesquels on a étudié à la fois le réseau 2 (A2) et le réseau 3 (FR3).

Remarque : Il est important de rappeler que les résultats présentés dans cet article ne valent que pour la région sur laquelle l'étude a porté, ou une région semblable c'est à dire du type montagneux ; aucune extrapolation à l'ensemble du territoire ne peut être admise.

3.1. L'évaluation de la qualité de la réception

Comme nous l'avons vu l'une des principales préoccupations qui ont présidé à ces campagnes de mesures était l'évaluation de la quantité de population susceptible de bénéficier d'une qualité de service donnée (en termes de taux d'erreur et de taux de perte). La figure 3 représente le pourcentage évalué de population desservie avec un taux d'erreur égal ou inférieur à une valeur spécifiée.

Sur le tableau 1 sont rassemblés les chiffres les plus marquants. On estime par exemple à environ 66 % le pourcentage de population de la région bénéficiant d'un taux d'erreur inférieur à 10^{-5} . De même on estime à 85 % le pourcentage de population desservie avec un taux d'erreur meilleur que 10^{-4} , valeur considérée comme satisfaisante pour le transport des informations de télétexte dans l'état actuel de développement des terminaux.

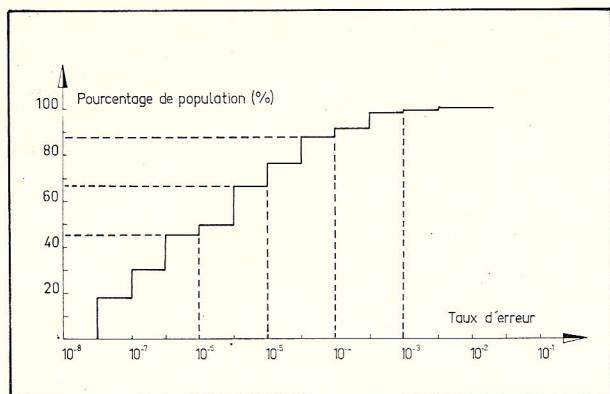


Figure 3

Répartition des taux d'erreur observés

La courbe porte sur les mesures effectuées sur le réseau 3 uniquement. On constate qu'environ 85 % de la population devrait pouvoir recevoir les informations numériques avec un taux d'erreur égal ou inférieur à 10^{-4} .

POURCENTAGE DE POPULATION DESSERVIE	TAUX D'ERREUR	TAUX DE PERTE
97 %	10^{-3}	10^{-2}
87 %	10^{-4}	$3 \cdot 10^{-3}$
66 %	10^{-5}	$2 \cdot 10^{-4}$
45 %	10^{-6}	$3 \cdot 10^{-5}$

TABLEAU 1

Pourcentage de population desservie pour une qualité de service donnée.

Ces données brutes de population desservie sont une première étape indispensable à l'évaluation de la qualité de réception des nouveaux services. Il s'agit dans un deuxième temps qui est du ressort des chercheurs concernés de comparer les taux d'erreur constatés sur le terrain à ceux que les nouveaux services peuvent admettre. De ces comparaisons ressortira la nécessité ou non d'introduire des procédures de corrections adaptées à chaque service.

3.2. La répartition des erreurs et des pertes dans le temps

Nous avons étudié jusqu'à présent le problème de la qualité numérique à un niveau « macroscopique » c'est à dire en calculant des taux d'erreur moyens sur une durée de mesure variant de 1 à 20 minutes suivant la vitesse d'apparition des erreurs. La même remarque vaut pour le taux de perte. Des investigations plus fines ont pu être menées à bien grâce à des enregistrements sur bandes magnétiques des paquets DIDON reçus.

3.2.1. Les erreurs sont isolées dans le bloc.

Ainsi on a pu calculer les proportions d'erreurs simples, doubles, etc... dans les blocs de données. On voit sur le diagramme de la figure 7 que 83 % des erreurs relevées étaient isolées et seulement 8,5 % des erreurs étaient doubles.

Plus précisément on a pu montrer que dans 80 % des cas il n'y avait qu'un seul élément binaire erroné dans un bloc DIDON (sans tenir compte des blocs corrects bien entendu), et dans 10 % des cas seulement 2 éléments binaires erronés.

On peut donc dire que l'interférence entre symboles liée à la distorsion du signal n'a d'influence notable que sur deux éléments binaires consécutifs.

Ces chiffres sont d'un grand intérêt pour les recherches en matière de correction d'erreurs. Il apparaît

en effet qu'un simple code correcteur d'erreurs simples, donc de rendement élevé, peut améliorer considérablement la qualité de la réception.

3.2.2. Les pertes de blocs sont le plus souvent uniques

Les pertes d'éléments binaires sont dues aux perturbations de l'entête des paquets DIDON qui font que ceux-ci ne sont pas reconnus comme tels. Un bloc complet d'information (c'est-à-dire 256 eb. dans la norme utilisée actuellement en France) est alors perdu.

La figure 8 nous montre que dans 84 % des cas on perd un seul paquet et dans 9 % des cas on en perd deux consécutifs.

Le résultat intéresse particulièrement les services utilisateurs du réseau DIDON car il leur permet de savoir que, en cas de perte d'information, il y a une forte probabilité pour que celle-ci porte sur 256 éléments binaires.

3.3. La recherche des facteurs de dégradation

Au cours de cette campagne nous avons constaté que la qualité numérique était variable d'un point à un autre, comme les chiffres précédents en témoignent. Nous allons le voir, cette diversité n'est pas le fruit du hasard mais correspond à des perturbations précises du signal. Les moyens informatiques dont nous disposons ont permis d'établir des corrélations entre la qualité numérique et certaines variables analogiques caractérisant la qualité du signal vidéo. Ces corrélations se matérialisent par un coefficient pouvant prendre des valeurs entre -1 et +1 ; plus le coefficient est grand en valeur absolue plus grande est la corrélation entre les deux paramètres considérés, le signe indiquant le sens de variation relative des deux paramètres.

De façon générale, tout signal numérique subit au cours d'une transmission une dégradation qui se présente sous deux formes :

* Le bruit, qui se superpose au signal utile et que nous caractérisons le plupart du temps par le rapport signal sur bruit (S/B) exprimé en dB.

* L'interaction entre symboles, due le plus souvent à une distorsion linéaire.

En vidéo, la distorsion linéaire est appréciée assez approximativement à partir des signaux-tests, notamment l'impulsion 2T (2). Nous nous intéresseront plus particulièrement à la dissymétrie de la 2T (figure 4) que nous caractériseront par le paramètre 2TS.

On sait que la déformation dissymétrique d'une impulsion est caractéristique d'une distorsion de phase alors que la déformation symétrique indique une distorsion d'amplitude (figure 5). Le facteur K2T traduit ce dernier type de distorsion, de même que le rapport impulsion/barre bien que ce dernier soit aussi influencé par la distorsion de phase (2).

Etudions dans quelle mesure les données numériques diffusées sont modifiées par ces deux types possibles de perturbation. Sur le tableau 2 sont indiqués les coefficients de corrélations relevés entre les paramètres numériques d'une part et quatre paramètres analogiques d'autre part. Nous y constatons des liaisons très significatives, avec en premier lieu une forte corrélation entre le taux d'erreur (ou le taux de perte) et le paramètre 2TS, les coefficients étant respectivement de -0,60 et -0,50.

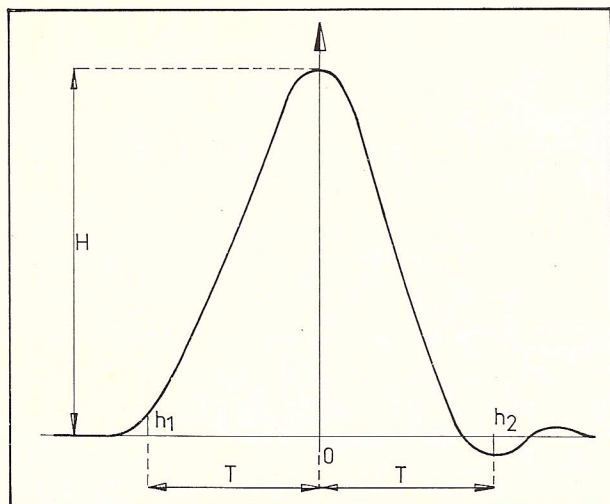


Figure 4

Caractérisation de la dissymétrie de l'impulsion 2T

On a introduit le paramètre 2TS qui permet de chiffrer les déformations dissymétriques de la 2T.

T est le temps qui sépare le maximum de l'impulsion du premier maximum des oscillations parasites. On mesure l'amplitude de la déformation aux temps T de part et d'autre du point O (respectivement h1 et h2). Le paramètre 2TS est donné par la formule :

$$2TS = \frac{h_2 - h_1}{H}$$

Quelques mesures analogiques	Dissymétrie de l'impulsion 2T	Facteur K2T	Rapport impulsion/barre	Rapport signal/bruit (S/B)
Mesures numériques				
TAUX D'ERREUR	-0,60	+0,32	-0,10	-0,41
TAUX DE PERTE	-0,51	+0,36	-0,23	-0,33

TABLEAU 2

Corrélations observées entre les mesures de type analogique et les mesures de type numérique

Notons à ce sujet que, étant considérée la taille de notre échantillon la valeur minimale significative du coefficient de corrélation est 0,25.

En second lieu l'influence de la distorsion d'amplitude apparaît comme beaucoup moins nette, ainsi qu'en

témoignent les coefficients de corrélation relatifs à K2T et 2TA. Les coefficients relatifs au rapport impulsion/barre sont en fait en dessous du seuil significatif (0,25).

En ce qui concerne le rapport signal sur bruit (S/B) nous constatons une corrélation nette, sans toutefois atteindre les valeurs relevées pour le paramètre 2TS.

D'autre part des études plus détaillées des résultats de mesure ont montré que le bruit, quand il est la seule source de dégradation du signal, ne suffit pas à dénaturer de façon notable le taux d'erreur. Il semble en fait qu'il agisse essentiellement comme facteur aggravant quand le signal est déjà perturbé par de la distorsion.

En conclusion de cette recherche des causes nous dirons que le signal numérique diffusé semble particulièrement éprouvé par la distorsion de phase, le bruit agissant alors comme facteur aggravant la distorsion.

3.4. Les causes de la distorsion de phase

Avoir mis en évidence la prépondérance de la distorsion de phase (que l'on exprime souvent sous la forme de variation du temps de propagation de groupe) ne constitue qu'une étape intermédiaire, il serait encore plus intéressant d'en connaître les origines.

Il faut les chercher essentiellement à deux stades de la transmission :

* Dans les équipements. Tous les éléments actifs, les filtres de toute sorte modifient la courbe de réponse en phase, plus ou moins bien compensée par des correcteurs.

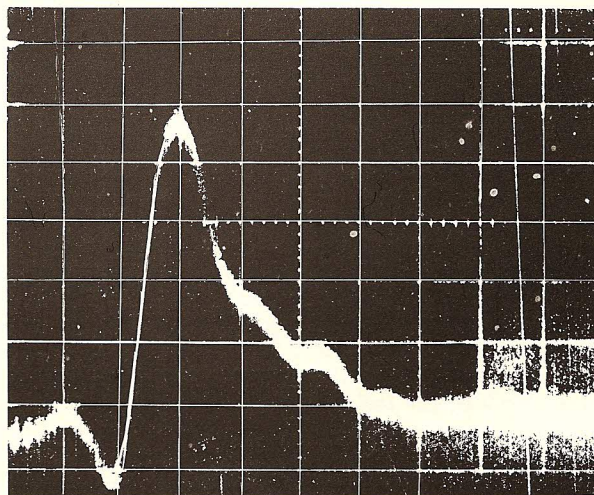
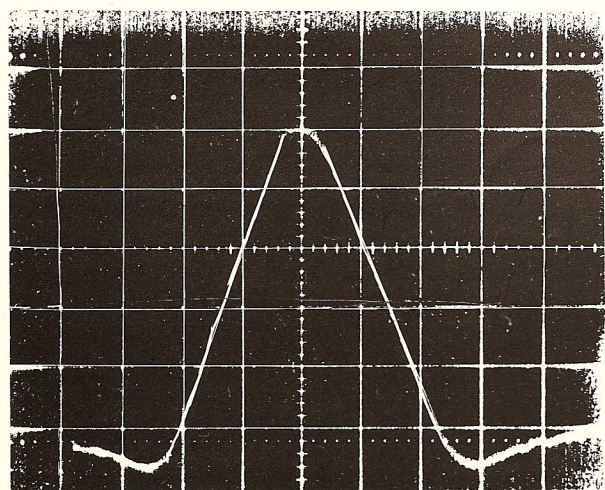
* Au cours de la propagation. C'est là que prennent naissance les échos par réflexion (souvent multiple) sur des obstacles divers. Les échos se comportent comme des filtres sélectifs dans la bande, perturbant aussi bien la réponse en amplitude que la réponse en phase.

Ces deux sources de distorsions se traduisent sur l'impulsion 2T par des oscillations dissymétriques d'amplitude et de période variables, que l'on appelle abusivement « échos » quelles qu'en soient les origines (figure 5).

En fait la distinction entre les deux origines possibles, à la simple observation de la 2T, est impossible.

Figure 5

Exemples de déformations de l'impulsion 2T



Nous devons nous contenter d'évaluations faites grâce à des recoupements entre plusieurs sites et plusieurs réseaux de télévision.

Si, par exemple, nous analysons les résultats en séparant les mesures faites sur le réseau 2 de celles faites sur le réseau 3 (figure 6) nous constatons que la qualité est très nettement meilleure sur ce dernier.

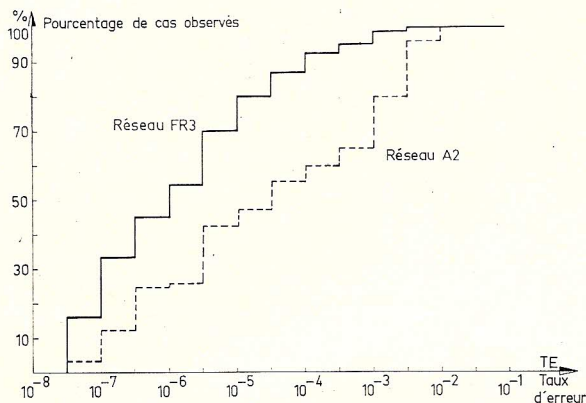


Figure 6

Répartition des taux d'erreur observés sur les deux réseaux télévision

Les taux d'erreur relevés sur le réseau 3 sont nettement meilleurs que ceux observés sur le réseau 2. Les équipements du réseau 3, plus récents et entièrement transistorisés, ont vraisemblablement des caractéristiques plus stables dans le temps.

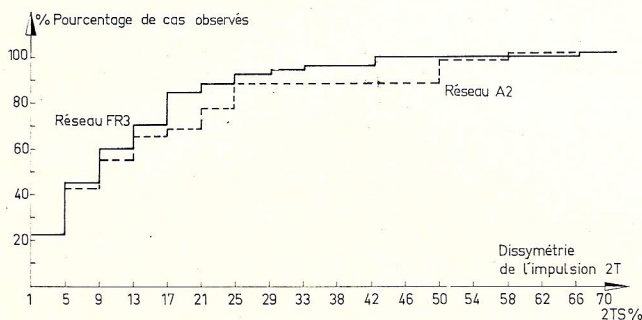


Figure 7

Répartition des paramètres 2TS observés sur les deux réseaux de télévision

On constate que les résultats du réseau 3 sont sensiblement meilleurs sur le plan de la distorsion de phase, étant entendu que les conditions de propagation sont les mêmes dans les deux cas.

Notons que les réseaux 2 et 3 sont en tous points semblables sur le plan de la disposition géographique, de la puissance d'émission ou de la fréquence (à l'intérieur d'un même triplet); seuls les équipements d'émission diffèrent.

Ces résultats nous suggèrent d'étudier de la même façon la dissymétrie de la 2T (figure 7). Nous constatons qu'effectivement le paramètre 2TS est en moyenne nettement meilleur sur le réseau 3 que sur le réseau 2, ce qui nous amène à des conclusions précises :

* Une partie des distorsions de phase, qui perturbent grandement les données numériques, sont engendrées dans les équipements. En effet les signaux transportés par les deux réseaux 2 et 3 subissent les mêmes dégradations au cours de la transmission; pourtant

ceux du réseau 2 arrivent plus perturbés que ceux du réseau 3.

Cette différence s'explique d'ailleurs facilement par l'ancienneté relative des équipements du réseau 2 par rapport à ceux du réseau 3, plus récents et en technologie entièrement transistorisée. La constance de leurs caractéristiques est ainsi plus aisée à assurer.

* Une autre partie, qu'on ne peut chiffrer avec précision, est due aux réflexions sur obstacles provoquant des échos courts.

3.5. La qualité de l'image et la qualité numérique

Nous avons indiqué en début de cet article l'importance qu'il y avait à avoir une zone de desserte pour les nouveaux services à peu près comparable à celle de la télévision classique.

Nous avons montré que statistiquement il pouvait en être ainsi si l'on admettait qu'un point fait partie de la zone de couverture numérique quand le taux d'erreur mesuré est au plus de 10^{-4} . (nos sites de mesure ont été choisis exclusivement dans des zones considérées comme desservies par TDF).

Mais ces résultats n'ont qu'une valeur globale sur toute l'étendue d'une région et n'impliquent pas forcément que, si nous prenons un point précis où l'image reçue est de bonne qualité, la réception des données numériques sera elle aussi convenable et inversement.

Essayons d'y voir plus clair en analysant les résultats. Sur chaque site, en plus des nombreuses mesures objectives pratiquées, la qualité subjective de l'image de télévision a été notée par référence à l'échelle de qualité CCIR à 5 niveaux (de 1 à 5).

Le calcul du coefficient de corrélation entre le taux d'erreur et la qualité subjective de l'image ressort à -0,4. Cette valeur, bien que nettement significative, traduit une liaison assez ténue entre qualité d'image et qualité numérique.

Une explication peut en être donnée en analysant les chiffres du tableau 3 où l'on a indiqué les corrélations entre la qualité subjective de l'image et les paramètres 2TS et SB, dont on a vu qu'ils étaient les plus importants pour l'analyse de la qualité numérique.

	TAUX D'ERREUR	QUALITÉ SUBJECTIVE DE L'IMAGE
DISSYMMÉTRIE DE L'IMPULSION 2T	0,60	0,17
RAPPORT SIGNAL SUR BRUIT	-0,40	-0,66

TABEAU 3

Influences relatives de la distorsion de phase et du rapport signal sur bruit, sur la qualité numérique et sur la qualité de l'image.

Nous y constatons d'abord que la qualité d'image est beaucoup plus affectée par le rapport signal sur bruit ($r=0,66$) que ne l'est le taux d'erreur ($r=0,4$). Par contre la situation est radicalement inverse pour ce qui est de la dissymétrie de la 2T puisque, comme nous l'avons vu le taux d'erreur y est très sensible ($r=0,6$), alors que la qualité d'image ne s'en ressent pas de manière significative sur le plan expérimental ($r<0,2$).

L'explication en est assez simple. La dissymétrie de la 2T qui provient comme on le sait de la distorsion de phase, se traduit par des déformations de très courte durée, très peu visibles sur l'écran. Le bruit est par contre très visible sur une image car il se manifeste sur toute sa surface.

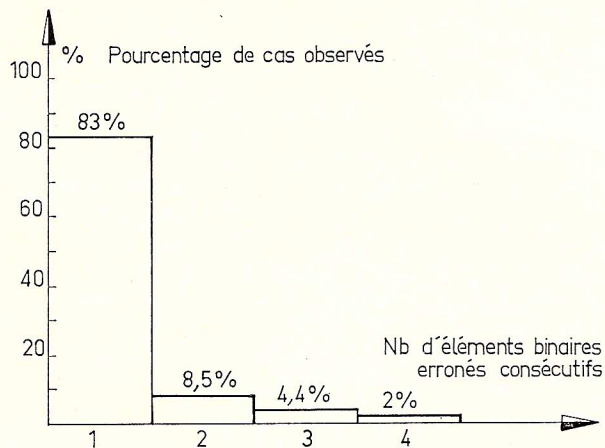


Figure 8

Répartition des erreurs observées en fonction de leur longueur

Les erreurs rencontrées sont en majorité isolées.

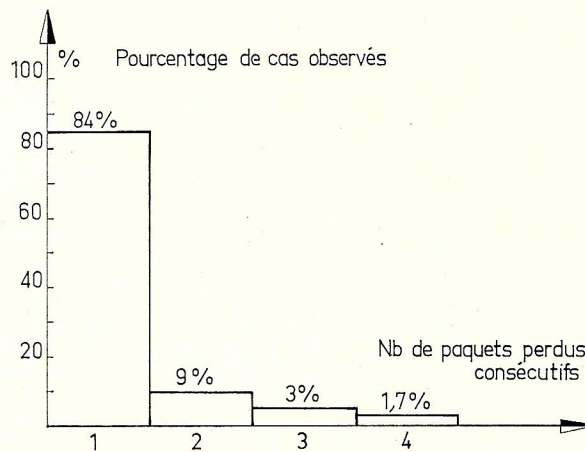


Figure 9

Répartition des pertes de paquets observées en fonction de leur longueur

Les pertes portent le plus souvent sur un seul paquet.

CONCLUSIONS

La prudence est toujours de rigueur au moment de tirer des conclusions sur ce type d'opération. Néanmoins le grand nombre de sites explorés et la relative stabilité des résultats obtenus permettent de penser que les enseignements tirés sont suffisamment fiables. Nous les résumerons en trois points :

* La couverture globale en diffusion de données ne semble pas s'écarter beaucoup de la couverture en télévision si l'on s'en tient à un taux d'erreur de 10^{-4} (environ 85 % de la population).

* Les sources de difficultés en diffusion de données en région montagneuse semble être avant tout la distorsion de phase provenant pour partie des équipements d'émission, pour partie des réflexions multiples. Le bruit agit alors comme facteur aggravant.

* La qualité de l'image et la qualité numérique ne sont que faiblement liés. En effet les types de perturbations auxquelles elle sont le plus sensibles sont opposées.

RÉFÉRENCE

- (1) G. DUBLET — Mesures de taux d'erreur en diffusion de données. — Numéro 49 Revue Radiodiffusion Télévision
- (2) Techniques de mesures sur signaux-tests. — TDF Direction Technique 50410/3 Paolo d'Amato
- (3) Y. NOIREL — Un système expérimental de diffusion de données par paquets. — Numéro 40 Revue Radiodiffusion Télévision.

MOTS CLÉS : Didon — Campagne — Erreurs — Pertes
Corrélations — Bruits — Distorsions

Tiré à part de la Revue RADIODIFFUSION-TÉLÉVISION — N° 54 Septembre-Octobre 1978

**Éditeur : I.P.F. (Information - Promotion Françaises)
12, rue des Fossés Saint-Marcel — 75005 PARIS**