

**L'accès aux voies numériques en diffusion
de données
Description de l'équipement de réception**

par Y. NOIREL et J.P. BAUDUIN (Ingénieurs CCETT)

L'accès aux voies numériques en diffusion de données

Description de l'équipement de réception

par Y. NOIREL et J.P. BAUDUIN (Ingénieurs CCETT)

Résumé

L'accès aux données transmises sur une des voies numériques du réseau téléinformatique de diffusion de données par paquets en cours de constitution se fait par l'intermédiaire d'un équipement de terminaison de circuit de données (ETCD).

Cet équipement de réception est décrit dans l'article. Deux problèmes sont considérés : celui de l'accès contrôlé à une voie numérique et celui de l'extraction des données d'une voie sélectionnée.

I – INTRODUCTION

Les études menées par le C.C.E.T.T. dans le domaine de la diffusion de données par paquets sont gouvernées par des choix qui ont été exposés dans le numéro 40 de cette revue (réf. 1). Le réseau téléinformatique en cours de constitution utilise comme infrastructure de transmission les réseaux distributeurs du service de télévision. L'essentiel des études porte donc sur la conception et la réalisation des équipements d'émission et de réception. Les équipements d'émission sont des multiplexeurs qui réalisent un double niveau de multiplexage temporel :

- celui de paquets de données issus de sources différentes,
- celui de paquets de données avec le signal vidéo par utilisation des intervalles de temps ligne libres.

La ressource disponible est ainsi partagée pour aboutir à la création d'autant de voies numériques qu'il y a de sources de données disposant d'un accès à un moment déterminé. Le problème de la réception est d'obtenir l'accès à une des voies numériques afin de recevoir les données émises par la source qui l'utilise.

II – STRUCTURE GENERALE D'UN EQUIPEMENT DE RECEPTION

L'insertion des équipements de réception dans le parc existant des matériels audiovisuels et la nature des services qui pourront être fournis amènent, dans une première approche, à définir la structure d'un équipement de réception à partir de trois blocs fonctionnels (figure 1) :

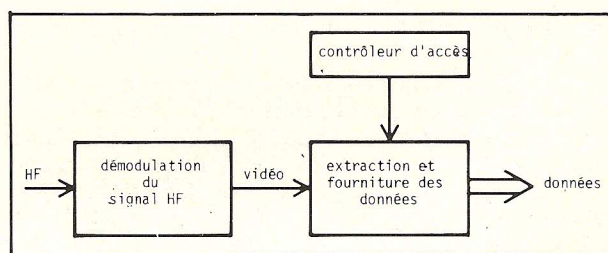


Figure 1 – Structure générale d'un équipement de réception

2.1 un dispositif de démodulation du signal HF qui, dans une vision «grand public» du problème, est un sous-ensemble des téléviseurs actuels.

2.2 un système d'extraction des données du signal vidéo qui, du point de vue conception de matériel, offre un champ très large d'investigations.

2.3 un dispositif optionnel de contrôle d'accès dont la réalisation dépend de la nature du service à fournir.

Ces différents points vont être développés dans les paragraphes suivants.

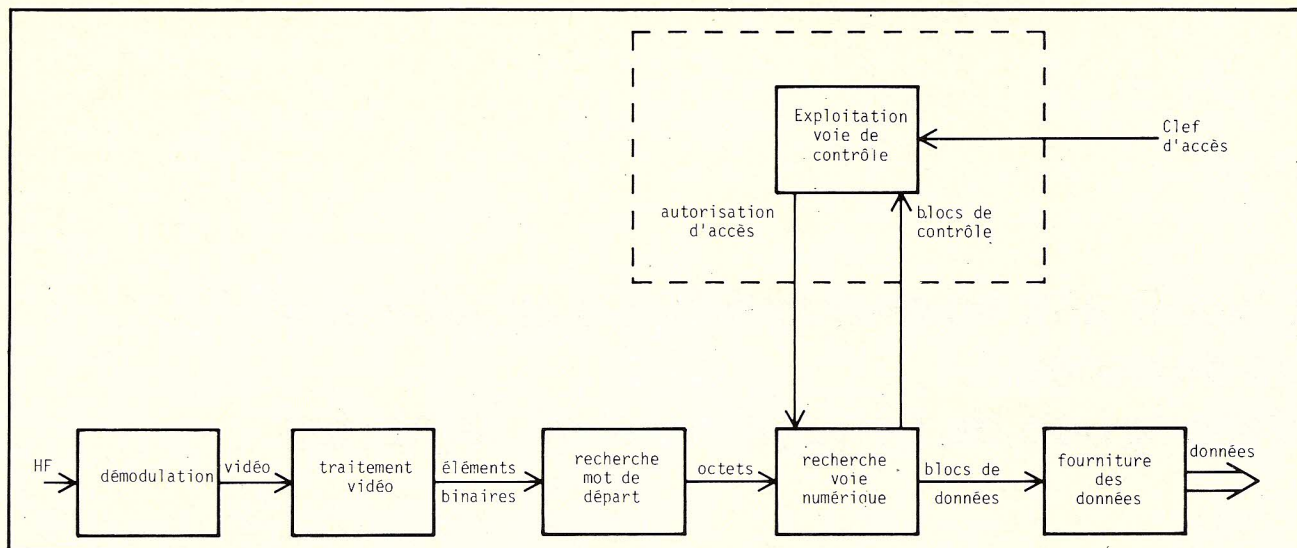


Figure 2 – Schéma d'un équipement de réception

III – DEMODULATION DU SIGNAL HF

Les problèmes liés à l'utilisation d'un sous-ensemble HF – FI – détection de téléviseur seront exposés par Monsieur VARDON dans le numéro suivant de cette revue. Ce point présente une importance considérable car le fonctionnement de l'équipement de réception est très fortement lié à la qualité de ce sous-ensemble. Conçu pour la reproduction d'une image, avec toute la liberté que permettent des considérations sur la physiologie de la vision, ce sous-ensemble provoque des distorsions de signal dont il convient de fixer les limites acceptables pour le signal de données. Les évolutions prévisibles dans ce domaine, filtres à ondes de surface améliorant la réponse phase-fréquence et détection synchrone supprimant la distorsion de quadrature, iront dans le sens d'une amélioration des performances.

IV – EXTRACTION ET FOURNITURE DES DONNEES

Ce paragraphe est consacré simultanément aux points 2.2 et 2.3 évoqués précédemment. S'il est en effet possible de concevoir un dispositif de contrôle d'accès dont la réalisation s'affranchit de la nature de l'équipement de réception à contrôler, il est cependant souhaitable de tirer profit du fait que notre système, de par son organisation, contient potentiellement la réponse à ce problème. Pour ce faire, l'utilisation de certaines voies numériques par le système lui-même à des fins de contrôle (voies de contrôle) permet d'envisager la construction d'équipements de réception homogènes comprenant cette fonction de contrôle. Les fonctions d'accès et de contrôle sont donc intimement liées. La structure d'un équipement de réception ainsi conçu est la suivante (figure 2). Les premiers modules de traitement du signal sont communs aux deux fonctions, les derniers sont particuliers à chacune de ces fonctions.

Les modules communs sont :

- le module de traitement vidéo qui permet le passage au niveau élément binaire,
- le module de recherche du mot de départ qui permet le passage au niveau octet,
- le module de recherche de voie numérique qui permet le passage au niveau bloc de données.

Les modules particuliers sont :

- le module optionnel d'exploitation des informations d'une voie de contrôle qui autorise ou non la recherche d'une voie numérique demandée,
- le module de fourniture de données qui est sollicité quand le module d'exploitation de la voie de contrôle débloque l'accès ou quand ce dernier module est absent.

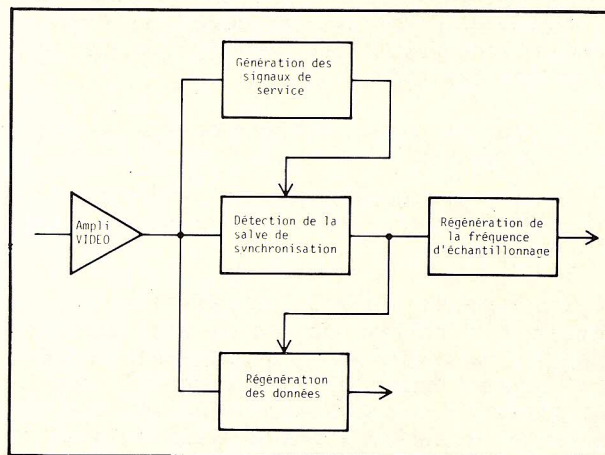
Chacun de ces modules va être décrit séparément.

4.1 Module de traitement vidéo

4.1.1 Amplificateur vidéo

L'amplificateur vidéo a principalement un rôle d'isolateur. Il doit avoir une grande impédance d'entrée devant 75Ω pour permettre le passage en sonde et une faible impédance de sortie pour attaquer en tension les trois sous-ensembles qui le suivent (figure 3). Le gain de cet amplificateur n'est pas critique et peut être compris entre 2 et 3. La bande passante doit être plate jusqu'à 3,1 MHz pour un signal d'entrée pouvant varier de 0,5 à 3 Vcc.

Figure 3 – Schéma du module de traitement vidéo



4.1.2 Génération des signaux de service

Cet ensemble remplit 2 fonctions :

- délivrer une impulsion pour l'alignement au niveau du noir,
- fournir une fenêtre de validation limitant la recherche d'une salve de synchronisation dans la partie de la ligne où elle est sensée se situer.

La référence temporelle de ces deux fonctions étant le front avant de la synchronisation ligne, il est donc nécessaire d'extraire ce signal de la vidéo. Pour ce faire, le signal traverse tout d'abord un filtre passe-bas dont la fréquence de coupure est située aux environs de 0,5 MHz. Le signal sortant est ensuite aligné sur les fonds de synchronisation, puis découpé à niveau constant par un comparateur dont la sortie est compatible TTL. Il est maintenant aisé d'extraire la synchronisation ligne. Il suffit pour cela d'utiliser deux monostables montés en cascade. Le premier d'une durée de 55 μ s permet d'éliminer les impulsions d'égalisation, le deuxième de 4,7 μ s recalibre les impulsions ligne. Ceci étant fait, il est maintenant possible de réaliser les deux fonctions citées précédemment. L'impulsion d'alignement au noir est une impulsion de 2 à 3 μ s calibrée à partir du front arrière de la synchronisation ligne par un monostable. La fenêtre de validation de la salve est fabriquée à partir de deux monostables montés en cascade. le premier de 9 μ s, déclenché sur le front avant de la synchronisation ligne, définit la position d'ouverture de la fenêtre. Le deuxième définit la fermeture de la fenêtre soit 3,5 μ s (figure 4).

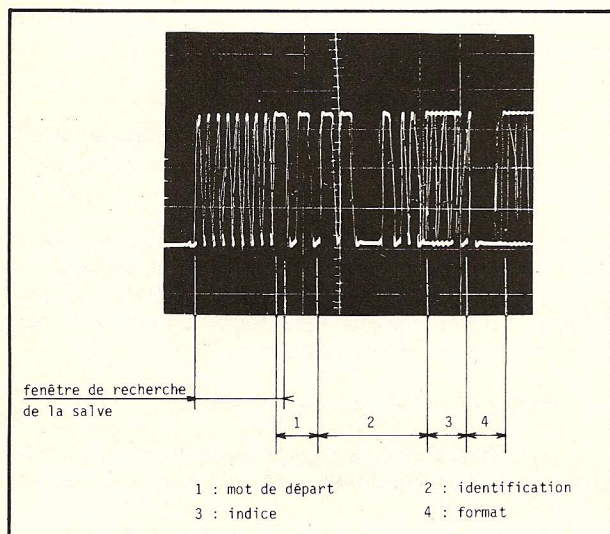


Figure 4 — Détail de l'en-tête

4.1.3 Détection et utilisation de la salve de synchronisation

L'emplacement d'une salve éventuelle étant fixé (figure 4), sa reconnaissance peut s'opérer. La fonction à remplir étant une fonction de filtrage de 3,1 MHz (fréquence de la salve), plusieurs possibilités peuvent être envisagées. Nous n'examinerons qu'une de ces solutions. On utilise pour cela une ligne à retard non bouclée de 161 ns (demi-période de la salve). Lorsqu'une salve de synchronisation se présente, les nombreuses réflexions sur les extrémités de la ligne à retard permettant de limiter l'influence des structures parasites et du « jitter » pouvant la perturber. Nous réalisons bien ainsi une fonction de filtrage. Néanmoins pour plus de sécurité après découpage du signal sortant,

un filtre passe-bas réalisé par un monostable de 280 ns, permet de s'affranchir des parasites ayant pu traverser la ligne à retard. L'utilisation étant de synchroniser un oscillateur et compte tenu de ce que les influences parasites sont moindres en fin de filtrage, le signal de synchronisation de l'oscillateur doit être délivré en fin de salve. Pour réaliser ceci, un compteur totalise 6 transitions montantes sur les 8 de la salve permettant en fin de comptage d'obtenir le signal de synchronisation tout en se protégeant de la perte des 3 premiers bits de la salve. La mise à l'heure de ce compteur est faite à chaque début de ligne par l'impulsion d'alignement au noir.

4.1.4 Régénération de la fréquence d'échantillonnage

Cette fonction peut être réalisée de différentes manières. Nous allons en exposer deux.

- La première consiste à utiliser un oscillateur à 10 fois la fréquence bit soit 62,03125 MHz, associé à un diviseur par 10 dont la remise à l'heure est commandée par le signal de synchronisation oscillateur fourni par l'étage précédent. Le diviseur est réalisé par un registre à décalage de 5 étages dont la sortie après avoir été inversée est ramenée sur l'entrée.
- L'autre méthode utilise un oscillateur à la fréquence bit (6,203125 MHz) attaquant une ligne à retard logique constituée de 8 pas de 20 ns. En analysant l'état des 4 premières sorties pris aux instants caractéristiques des fronts descendants de la salve régénérée, ceci permet de déterminer quelle est parmi les 8 phases celle qu'il convient de prendre pour échantillonner les données. Pour faire cette analyse, les 4 premières phases sont appliquées à un registre parallèle. A chaque front descendant de la salve régénérée on entre dans le registre l'état de ces 4 sorties. Quand le signal de synchronisation oscillateur apparaît on conserve en mémoire la dernière analyse. Un décodage simple permet d'adresser un multiplexeur qui ira sélectionner la phase choisie pour l'échantillonnage des données.

4.1.5 Régénération des données

L'amplitude des données pouvant varier suivant le contenu de l'image, il n'est pas possible d'extraire ces données par découpage de la vidéo sur un seuil fixe. On compare alors le signal à sa valeur moyenne extraite pendant la salve de synchronisation. Cette valeur est ensuite échantillonnée par le signal de synchronisation oscillateur et conservée pendant toute la durée de la ligne de données. Le découpage est fait par un comparateur dont la sortie est compatible TTL.

4.2 Module de recherche du mot de départ

La synchronisation binaire étant prise, il faut restructurer l'information telle qu'elle se présente en émission afin de pouvoir poursuivre le traitement. Il est commode d'adopter une présentation en octets, telle qu'elle est imposée pour les données par les jonctions numériques d'émission et de réception (réf. 1). Le rôle de ce module est donc, à partir des éléments

Référence

- (1) Un système expérimental de diffusion de données par paquets par Y. NOIREL.
Radiodiffusion - Télévision N° 40 Nov. - Déc. 1975.

binares en série et de l'horloge correspondante qui lui sont fournis par le module précédent, de rechercher par décalages successifs d'un élément binaire une configuration de huit bits choisie de manière à minimiser les risques de mauvaise synchronisation dus à une perturbation de la liaison. Une optimisation sur ce point autorise en outre la prise de synchronisation en présence d'une erreur affectant ce mot de départ et évite en conséquence la perte du bloc correspondant. Le choix de ce mot n'est pas unique et sa programmation par cavaliers dans les équipements permettra une adaptation rapide lorsqu'un accord international sera réalisé sur les normes de diffusion de données. Nous utilisons actuellement le mot suivant : 111 00 111.

4.3 Module de recherche de voie numérique

Ce module permet de sélectionner les informations transmises sur une voie numérique, qu'il s'agisse d'une voie de contrôle ou d'une voie utilisée pour la fourniture d'un service.

Le découpage en octets étant effectué par le module précédent, le module de recherche de voie numérique va exploiter les cinq octets d'en-tête porteurs d'informations : les trois premiers identifient l'origine du paquet de données, le quatrième permet un contrôle de continuité sur l'information reçue, le cinquième indique le nombre d'octets significatifs dans le paquet, ce dernier n'étant pas obligatoirement plein (figure 4).

4.3.1 Identification de l'origine du paquet

Trois octets sont donc disponibles. Leur utilisation est la suivante : les deux premiers octets permettent la création de $2^{16} = 65\,536$ voies numériques simultanées, le dernier octet est consacré en partie (6 éléments binaires) à la protection des deux premiers, ses deux autres éléments binaires étant inutilisés. La protection est obtenue en définissant les identificateurs ($16 + 6 = 22$ éléments binaires) comme étant les mots d'un code de Hamming systématique raccourci dont la description sort du cadre de cet article. L'important est que l'utilisation de ce code est très simple : la recherche des paquets transmis sur une voie numérique se fait par comparaison de l'identificateur reçu à l'identificateur attendu, soit sur les 16 premiers éléments binaires, soit sur l'ensemble des 22 éléments binaires. Dans le premier cas, il n'y a pas de correction d'erreur possible. Dans le second cas, on peut corriger une erreur, un identificateur reconnu à 1 élément binaire près pouvant être accepté comme l'identificateur attendu.

4.3.2 Contrôle de continuité

Un paquet de données ayant été retenu après examen de son identificateur, l'octet suivant l'identificateur permet de s'assurer qu'il n'y a pas eu de paquet perdu entre ce paquet reçu et le paquet reçu précédemment. Cet indice évolue cycliquement entre 0 et 127 sur chacune des voies numériques par utilisation des sept premiers éléments binaires de l'octet. Sa valeur est incrémentée de 1 (modulo 128) à chaque paquet émis sur la voie, l'élément binaire de poids fort étant émis en premier. Le huitième et dernier élément binaire est un élément binaire d'impairité. Sa valeur est donc telle que le nombre total de 1 dans l'octet de continuité soit impair. Le contrôle de continuité s'effectue par comparaison de la valeur de l'indice du paquet reçu à la valeur augmentée de 1 (modulo 128) de l'indice du paquet reçu précédemment sur la même voie numérique. Ce contrôle, combiné au contrôle d'impairité sur l'octet, permet de distinguer 4 cas, sous réserve de la validité du contrôle d'impairité. (Voir le tableau en bas de page).

4.3.3 Détermination de la longueur du bloc de données

Dans la transmission de données par paquets, une des façons d'assurer la transparence est de spécifier la longueur du bloc de données. Comme elle peut être variable, le dernier octet de l'en-tête est consacré à l'indication de cette longueur. Ce format dont la valeur est le nombre d'octets significatifs du bloc de données occupe les sept premiers éléments binaires de l'octet, l'élément binaire de poids fort étant émis le premier. Le huitième élément binaire est un élément binaire d'impairité. Deux contrôles peuvent être effectués sur le format d'un bloc reçu :

- un contrôle d'impairité,
- un contrôle de valeur maximale, cette valeur maximale étant connue pour un standard de télévision donné (32 en norme L).

Si l'un ou l'autre de ces contrôles, ou les deux, révèlent une anomalie, on a la possibilité de forcer le format à sa valeur maximale, le système d'émission étant conçu pour former dans toute la mesure du possible des blocs de taille maximale.

4.4 Module de fourniture des données

Les données sont restructurées en octets à la sortie du module de recherche du mot de départ. Ces données

	Contrôle de continuité	Contrôle d'impairité	Conclusion
Cas N° 1	bon	bon	Tout va bien
Cas N° 2	bon	mauvais	Élément binaire d'impairité perturbé
Cas N° 3	mauvais	bon	Perte d'un ou de plusieurs paquets
Cas N° 4	mauvais	mauvais	Indice perturbé

Le comportement à tenir dans chacun de ces cas peut différer selon l'importance que l'on attache aux pertes d'information.

sont délivrées à l'utilisateur sous forme d'octets par l'intermédiaire de la jonction numérique normalisée de réception (réf. 1). Le problème du stockage d'un ou de plusieurs blocs de données avant leur fourniture ne peut être traité de manière générale. Il dépend à la fois des circuits utilisés (FIFO), de la vitesse à laquelle l'utilisateur peut prendre les données et du débit instantané maximum en nombre de paquets reçus.

4.5 Module d'exploitation des informations d'une voie de contrôle

Contrairement aux modules décrits précédemment, la conception de ce module n'est pas une conséquence des choix techniques fondamentaux qui président à la construction du système. Cette conception dépend des informations que peut véhiculer la voie de contrôle. C'est la raison pour laquelle ce qui va suivre n'est donné qu'à titre d'exemple (figure 5) et afin de pouvoir illus-

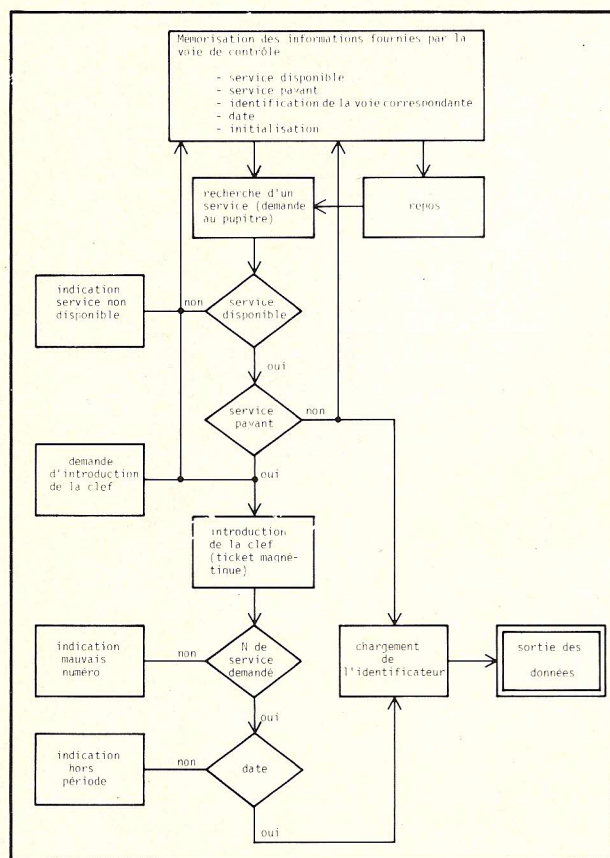


Figure 5 — Exemple d'utilisation d'une voie de contrôle

trer les possibilités qu'offre l'utilisation d'une telle voie. Le principe est de demander à l'usager l'introduction d'une clef, quel qu'en soit le support et le mode de dis-

tribution et d'obtenir dans l'équipement de réception la confrontation des informations constituant la clef à celles diffusées sur la voie de contrôle. C'est le résultat de cette confrontation qui autorisera ou interdira l'accès au service demandé. Ce module réalise donc l'interface utilisateur-système de transmission. Elle doit être masquée à l'utilisateur, pour des raisons de discrétion, mais aussi afin de conserver la plus grande liberté de manoeuvre possible dans la gestion de la ressource. La diffusion par la voie de contrôle d'un tableau de correspondance service-voie utilisée par ce service permet d'atteindre cet objectif. Elle permet, en outre, de classer les services en fonction de critères de taxation. Cette classification, jointe à une diffusion de la date, rend possible le contrôle de validité de la clef introduite d'un double point de vue : celui du service demandé et celui de la période de validité.

V — PERFORMANCES

Les méthodes et matériels utilisés pour spécifier et mesurer la qualité de transmission sur une voie numérique seront décrits par Monsieur DUBLET dans le numéro suivant de cette revue. Les performances des équipements de réception dont nous disposons actuellement y sont indiquées. Les mesures ont montré toute l'importance que l'on devait attacher au traitement de l'en-tête. En effet, un équipement de réception conçu sans précautions voit ses performances se dégrader rapidement lorsque le rapport signal-bruit diminue. Cette dégradation est causée par l'augmentation rapide du taux de paquets perdus, une augmentation qui ne peut s'expliquer par l'augmentation du taux d'erreur sur les éléments binaires.

Un équipement de réception bien conçu sera donc tel qu'au voisinage des conditions limites de fonctionnement le rapport entre le nombre d'erreurs sur les éléments binaires et le nombre de paquets perdus demeure sensiblement constant et égal environ au rapport entre le nombre d'octets de données d'un bloc et le nombre d'octets d'en-tête dont la perturbation est susceptible d'entraîner la perte du paquet ($32/3 \approx 11$ pour des blocs pleins et sans connections).

VI — CONCLUSION

L'équipement de réception qui vient d'être décrit fonctionnellement est donc l'équipement de terminaison de circuit de données (ETCD) à utiliser pour l'accès au réseau téléinformatique de radiodiffusion en cours de constitution. Quelle que soit l'utilisation faite du réseau, ou plus précisément d'une voie numérique, cette fonction ETCD devra être implantée en amont du terminal, même si pour des raisons de commodité elle lui est intégrée mécaniquement. C'est en raison de son universalité que l'on peut espérer aboutir rapidement, grâce notamment au développement de circuits intégrés, à une diminution importante du prix de revient de cette fonction.

Tiré à part de la Revue **RADIODIFFUSION—TELEVISION** — N° 47 Avril-Mai 1977

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