

RAPPORT 1088-1

**INTERFACES POUR LES SIGNAUX VIDÉO NUMÉRIQUES
DANS LES SYSTÈMES DE TÉLÉVISION A 525 ET 625 LIGNES**

(Question 25/11)

(1986-1990)

1. Introduction

La Recommandation 656 spécifie des interfaces pour les équipements numériques de studio, en accord avec les valeurs des paramètres de base contenus dans la Recommandation 601.

Le présent Rapport résume les contributions reçues sur les interfaces pour la vidéo numérique, qui constituent la base de la Recommandation 656; il contient des informations complémentaires sur le sujet et indique les points pour lesquels des compléments d'études sont demandés.

2. Définitions

La notion d'interface correspond à la définition des interconnexions entre deux appareils précisant le type, le nombre et la fonction des circuits d'interconnexion, ainsi que le type et la forme des signaux échangés sur ces circuits.

Dans une interface parallèle, tous les bits d'un mot de données sont acheminés simultanément sur des supports distincts.

Dans une interface série, tous les bits d'un mot de données et tous les mots successifs sont acheminés successivement sur un support unique.

Dans une interface parallèle/série (hybride), les différentes parties d'un mot de données sont acheminées successivement sur des supports séparés.

3. Format de codage

Certaines caractéristiques de l'organisation de base des données sont communes aux trois types d'interfaces définis plus haut et constituent le sujet de la Partie I de la Recommandation 656 qui porte sur:

- l'organisation des données vidéo en mots et en blocs;
- les séquences de référence de rythme fournissant la synchronisation;
- la structure des données auxiliaires;
- les signaux de données durant les intervalles de suppression;
- des détails sur le multiplexage.

3.1 Considérations sur la suppression et la synchronisation

Les doc. [CCIR, 1982-86a, b, c] s'accordaient sur la forme et l'utilisation des signaux de référence de rythme. Chaque signal de référence de rythme se compose d'une séquence de quatre mots. Les trois premiers mots constituent un préambule fixe. Le quatrième mot contient des informations définissant:

- l'identification de la première ou la deuxième trame;
- l'état de la suppression de trame;
- l'état de la suppression de ligne;
- des données de protection contre les erreurs.

Le doc. [CCIR, 1982-86d] proposait de n'utiliser qu'un seul signal de référence de rythme, à la fin de chaque période de suppression de ligne. Ce signal d'identification comprend une salve d'horloge (pour une future interface à transmission série), l'identification du début de la trame de données, de la période de suppression de trame et de première et deuxième trame. L'information de fin de ligne sera obtenue par comptage des impulsions d'horloge.

L'UER [CCIR, 1982-86e] suggérait d'ajouter des codes dans le train de données et d'identifier les deux extrémités de la ligne active numérique dans les trains de données démultiplexés Y , C_R , C_B . Il proposait également que ces codes soient inclus au niveau 4:4:4 sous forme numérique, pour les signaux Y , C_R , C_B comme pour les signaux R , G , B .

Le doc. [CCIR, 1982-86f] indiquait que les signaux de référence de rythme (synchronisation numérique) insérés dans le code parallèle doivent être facilement utilisables dans un code série.

Les propositions relatives aux systèmes à 525 et 625 lignes diffèrent dans leur définition des intervalles de suppression de trame numériques. Pour les doc. [CCIR, 1982-86b, c et d], 9 lignes seulement des trames 1 et 2 appartiennent à l'intervalle de suppression de trame. Les doc. [CCIR, 1982-86 a, f] spécifient l'intervalle de suppression de trame numérique à 24 lignes (trame 1) et à 25 lignes (trame 2). Il est peut-être souhaitable de raccourcir l'intervalle de suppression de trame numérique de manière à permettre des filtrages verticaux complexes mais ce problème nécessite un complément d'étude.

Parmi d'autres considérations, le doc. [CCIR, 1982-86g] attirait l'attention sur le fait qu'il conviendrait de remplacer «signaux de référence temporelle» par «séquence de référence de rythme».

Pour les mots de données se produisant au cours d'intervalles de suppression numériques et qui ne sont pas spécifiés, l'OIRT [CCIR, 1982-86e] a proposé d'inclure les codes numériques équivalant au niveau de suppression pour Y , C_R , C_B aux emplacements appropriés dans le multiplex.

3.2 Signaux auxiliaires

On prévoit l'insertion synchrone de signaux de données auxiliaires dans le multiplex vidéo pendant les intervalles horizontaux et verticaux de suppression de trame. Il convient de noter que le magnétoscope numérique (Recommandation 657) n'enregistre ni les intervalles horizontaux de suppression de trame, ni certaines lignes des intervalles verticaux. C'est d'ailleurs pour cette raison que l'UER n'a réservé que quatre lignes verticales de suppression de trame pour les signaux auxiliaires. Les durées de suppression de trame non enregistrables peuvent être utilisées, au besoin, pour transférer des données entre autres équipements de studio.

Les documents [CCIR, 1982-86d et f] contiennent quelques détails concernant les signaux auxiliaires. Les documents [CCIR, 1982-86a, b et c] proposent un format pour les signaux de données auxiliaires.

Le code temporel est un signal auxiliaire essentiel pour la gestion des opérations de post-production et la synchronisation des signaux vidéo et audio. Quatre formats sont actuellement reconnus, à savoir le format CEI [CEI Pub. 461] dans l'intervalle vertical et sous forme longitudinale, le code temporel audio conformément à la Recommandation 647 et le code temporel associé au format d'enregistrement audio R-DAT. Un certain nombre d'administrations étudient actuellement les formats de données auxiliaires qui permettront d'inclure cette information dans l'intervalle vertical et d'offrir des possibilités de conserver la synchronisation des signaux vidéo et audio tout au long des diverses opérations de traitement [CCIR, 1986-90a].

La Recommandation 656 ne spécifie qu'une séquence de référence de rythme ANC; le champ de données suivant l'ANC n'est pas spécifié. Divers formats de paquet ont été envisagés pour les données auxiliaires.

Dans le cas de certaines informations de rang de priorité élevé et de format prédéterminé, les paquets pourront présenter une longueur fixe, et être situés dans une fenêtre de temps également fixe dans le flux de données. S'agissant en revanche, de données auxiliaires moins importantes sans format prédéterminé, les paquets pourront avoir une longueur variable.

Le document [CCIR, 1986-90b] signale que les numéros de ligne numérique pourraient être des informations utiles qu'il conviendrait d'inclure dans la catégorie des signaux auxiliaires. Ce document formule une proposition concernant deux modes de numérotation des lignes numériques. Il présente également une méthode d'introduction des mots codes respectifs dans les données vidéo.

La Décision 60 couvre l'étude des besoins pour les signaux sonores pour s'assurer que toute incidence éventuelle des paramètres de l'interface vidéo sur les signaux sonores associés soit dûment pris en compte. En dehors du fait qu'il est nécessaire de contrôler le retard relatif entre le signal vidéo et le signal sonore, aucune incidence de ce type n'a été identifiée.

4. Interfaces parallèles

Plusieurs propositions [CCIR, 1982-86a, b, c, d et f] reposaient sur l'utilisation de huit paires de conducteurs, dont chacune achemine en NRZ un train multiplexé de bits (de même poids) de chacun des signaux de composantes Y , C_R , C_B . Les huit paires doivent acheminer également des informations de référence de rythme ainsi que, éventuellement, des signaux auxiliaires qui sont multiplexés dans le temps et introduits dans le train de données pendant les intervalles de suppression du signal vidéo. Une neuvième paire fournit une horloge synchrone à 27 MHz. Ces propositions, ainsi que le doc. [CCIR, 1982-86e], ont contribué à la préparation de la Recommandation 656. Voir aussi [UER, 1983].

Les signaux à l'interface peuvent être transmis à l'aide de paires de conducteurs symétriques sur une distance pouvant atteindre 50 m sans égalisation et 200 m avec l'égalisation adéquate [CCIR, 1982-86a].

On a démontré qu'un codage approprié du signal d'horloge tel que l'utilisation d'un codage à parité alternée, prolongeait cette distance en réduisant les effets de l'affaiblissement dû au câble [CCIR, 1982-86h].

5. Interfaces série

Le doc. [CCIR, 1982-86d] donne un exemple de séquences de données multiplexées à 216 Mbit/s. Une attention particulière est accordée à la facilité d'extraction de l'horloge et à la synchronisation des mots par l'inclusion, dans le train de données, de mots qui génèrent des salves d'horloge.

Le doc. [CCIR, 1982-86f] traite du codage de modulation et indique que la transmission doit s'effectuer sur des câbles coaxiaux de 75 Ω pour des distances allant jusqu'à 1 km.

Le doc. [CCIR, 1982-86e] contient des considérations détaillées sur les contraintes spécifiques d'une interface série et propose en Annexe I un projet de Recommandation relative à une interface série pour le niveau 4 : 2 : 2 de la Recommandation 601. Ce document a contribué à la préparation de la Recommandation 656. Voir aussi [UER, 1985].

Dans le doc. [CCIR, 1982-86e], la transmission des signaux est étudiée aussi bien sous forme électrique par câble coaxial que sous forme optique par fibre optique. Les contraintes spécifiques à la transmission d'un signal série entre studios, ou entre équipements à l'intérieur d'un studio sont les suivantes:

- un faible coût et une complexité limitée, en même temps qu'une grande fiabilité;
- un très faible taux d'erreur inhérent à la transmission en raison de très courtes distances;
- des sorties multiples pour le contrôle et la distribution;
- une récupération rapide des erreurs dues à la commutation du trajet de transmission, à la source vidéo ou à des interruptions des signaux;
- une entière compatibilité avec le format de l'interface parallèle et des caractéristiques communes pour les codes des signaux des équipements électriques ou optiques de l'interface série;
- une possibilité d'utilisation sur des distances comprises entre 0 et 500 m au moins, avec un minimum d'adaptations et des taux d'erreur extrêmement bas;
- une possibilité d'utilisation à toute une gamme de câbles de types différents.

Ces contraintes sont confirmées dans le Doc. [CCIR, 1982-86i] qui fait également ressortir que dans la mise en œuvre d'une installation vidéo numérique, la préférence serait normalement donnée à l'interface parallèle pour les connexions de faible longueur et qu'on aurait recours à l'interface série surtout dans le cas des connexions longues ou complexes, là où le coût de l'équipement terminal de l'interface n'annulerait pas l'économie réalisée sur le support physique proprement dit de la connexion. Les câbles coaxiaux auront la préférence pour les connexions de longueur moyenne et les fibres optiques pour les connexions de très grande longueur.

Cette contribution suggère également que le code utilisé devrait être structuré de manière à permettre l'utilisation de bits de redondance afin de réaliser un dispositif mesurant le taux d'erreur binaire (TEB) au niveau du récepteur et, par conséquent, de mesurer automatiquement sa performance.

Le document suggère également que, dans une installation, ou dans un système numérique totalement intégré, on peut avoir intérêt à ce que toutes les interconnexions soient transparentes pour tout train numérique, indépendamment du contenu du message. Donc, bien que l'interface doive être utilisée pour transmettre un signal vidéo, elle devrait être «transparente» pour le contenu du message, c'est-à-dire que son fonctionnement ne devrait pas dépendre de la structure connue du message lui-même.

Le doc. [CCIR, 1982-86e] passe en revue les caractéristiques des supports de transmission, y compris la sensibilité au brouillage et décrit les propositions concernant le codage des données à la source, le code de modulation et la gestion des erreurs.

Deux méthodes de codage à la source ont été proposées. Le doc. [CCIR, 1982-86j] propose l'utilisation d'un brouilleur parallèle et l'adjonction d'un bit de parité aux fins de synchronisation et de détection limitée des erreurs. D'après une première analyse, il apparaît que la partie émettrice d'une telle interface pourrait être intégrée dans une seule microplaquette à réseau prédiffusé.

Une seconde méthode, [CCIR, 1982-86e], permettant le contrôle du spectre du signal ainsi que la synchronisation d'horloge et de mots grâce à un code de mise en correspondance adaptatif de 8 à 9 bits, est adoptée dans la Recommandation 656.

Corrélativement à ces méthodes de codage à la source, deux approches différentes du codage du canal ont été proposées. Dans le système à embrouillage, le codage est du type AMI (Alternate Mark Inversion; signal bipolaire alternant) pour les câbles coaxiaux et NRZ pour les fibres optiques. Le codage AMI réduit la bande passante nécessaire. Dans le système avec code de mise en correspondance, le train codé, au format NRZ, convient pour les 2 supports de transmission.

L'interface parallèle définie dans la Recommandation 656 prévoit l'adjonction éventuelle de deux bits par mot, ce qui améliore la précision de l'échantillon, qui passe de 8 bits à 10 bits. Dans certaines applications, telles que l'infographie par exemple, cette amélioration a été trouvée intéressante. Dans le cas de l'interface série de la Recommandation 656, cet allongement n'est pas réalisable, ce qui limite l'application de l'interface série aussi bien sous sa forme électrique que sous sa forme optique. Certaines administrations étudient des méthodes d'acheminement de mots de 10 bits par l'interface série, reposant sur des techniques de codage NRZ à embrouillage.

6. Interfaces hybrides parallèle/série

Les doc. [CCIR, 1982-86d et f] examinent également une variante dans laquelle les signaux sont répartis dans plusieurs voies, de 108 Mbit/s chacune, afin de réduire le débit binaire par voie. Cette méthode permet également d'insérer, dans un système multivoie, des niveaux différents de la famille extensible de normes compatibles de codage. Cependant, comme indiqué dans le doc. [CCIR, 1982-86k], l'avantage principal invoqué en faveur de l'interface hybride est qu'elle réduit le débit binaire transmis sur chacun des câbles parallèles. Toutefois, si l'on emploie deux câbles parallèles – proposition la plus fréquemment présentée – le débit binaire est réduit de moitié, mais il reste encore trop élevé pour pouvoir être utilisé dans le cadre de technologie à faible coût.

En outre, l'emploi d'une interface hybride entraîne des complications aux extrémités d'émission et de réception, points où l'on a besoin de circuits pour multiplexer et démultiplexer le train de bits et pour mettre en phase les trains de bits reçus sur les câbles.

Ces complications, ainsi que le coût du (ou des) câble(s) supplémentaire(s) dans l'interface hybride, semblent militer d'une façon irréfutable en faveur d'une interface entièrement série, plutôt que d'une interface hybride, dans les cas où l'on ne peut pas utiliser une interface parallèle.

7. Interfaces optiques

Les caractéristiques optimales, d'une interface de fibre optique destinée à être utilisée en studio ont fait l'objet de travaux rapportés dans les documents [CCIR 1986-1990 c, d, e]. On propose l'emploi d'une fibre monomode alimentée par un laser ou une diode électroluminescente (DEL) de longueur d'onde d'approximativement 1 300 nm. L'Appendice I contient un projet de texte encore incomplet, qui deviendra le § 7 de la Recommandation 656. Les administrations sont invitées à procéder à d'autres études et à fournir d'autres contributions en vue de mettre cette section en forme finale au cours de l'actuelle période d'études.

Le document [CCIR, 1986-1990 f] décrit une nouvelle façon d'aborder les problèmes de commutation et de routage de signaux numériques par un moyen optique dans un grand centre vidéofréquence. On propose une disposition dans laquelle l'acheminement de tous les signaux vers la destination qui est réservée à chacun d'eux en empruntant une fibre optique unique, élimine le commutateur central de routage. Les signaux sont

rassemblés dans une combinaison de multiplexage par répartition temporelle (MRT) à débit binaire de l'ordre de 2 Gbit/s et de multiplexage par répartition en longueur d'onde optique. L'emploi de MRT signifie que le système peut s'appliquer à une large gamme de débits binaires y compris ceux qui sont nécessaires à la TVHD numérique. S'il s'avère que cette approche est une réussite, il aura lieu d'établir des spécifications d'interfaces appropriées.

Le Document [CCIR, 1986-90g] décrit une méthode de transmission de trois signaux (R, V, B) analogiques à large bande (jusqu'à 60 MHz) par trois fibres optiques. Cette méthode, qui peut être appliquée aux systèmes de TVHD, consiste à rendre linéaires les caractéristiques du système optique. Ce même document décrit en détail les avantages que présente, en TVHD, la transmission numérique en série à 1,15 Gbit/s sur une fibre unique.

8. Réalisation pratique des interfaces

Grimaldi et autres [1986] décrivent un studio entièrement numérique sous sa forme définitive en France. Bien qu'un certain nombre de fonctions soient encore analogiques (par exemple les caméras) le système utilise un grand nombre de pièces d'équipement numérique en particulier un mélangeur/commutateur, des magnétoscopes et appareils pour diverses autres fonctions. Cet équipement est relié par câbles coaxiaux en utilisant l'interface série de la Recommandation 656 avec quelques différences d'ordre mineur qui sont le propre de toutes premières réalisations. Une liaison optique est fonctionnelle sur 6 km. Un exposé sur les raisons des solutions adoptées fait partie de cette description.

Baraclough et autres, [1987] fournissent des renseignements sur la pratique de la conception, de l'installation et du fonctionnement d'un centre de production de télévision numérique au Royaume-Uni dans lequel on a utilisé l'interface parallèle de la Recommandation 656. Ils indiquent les solutions adoptées face aux problèmes rencontrés y compris celles qui sont associées à des interconnexions d'équipements multiples, à la synchronisation et au rythme.

Il est souhaitable que soient présentées de nouvelles contributions traitant de ce sujet.

9. Brouillage avec d'autres services

Le traitement et la transmission de signaux vidéo numériques à des débits binaires élevés produisent un vaste spectre d'énergie qui peut être source de diaphonie ou de brouillage. En particulier, la Recommandation 656 attire l'attention sur le fait que les neuvième et dix-huitième harmoniques de la fréquence d'échantillonnage 13,5 MHz (valeur nominale) spécifiée dans la Recommandation 601 tombent dans les fréquences de détresse aéronautiques à 121,5 et 243 MHz. Il faut donc prendre les précautions qui s'imposent dans la conception et la mise en œuvre des interfaces afin qu'aucun brouillage ne se produise à ces fréquences. Les niveaux maximums admissibles des signaux émis par les équipements de traitement numérique de données sont le sujet de diverses normes nationales ou internationales; il convient de noter que des niveaux d'émission pour les équipements associés sont indiqués dans la Recommandation du CISPR: «Information technology equipment – Limits of interference and measuring methods», Doc. CISPR/B (Central Office) 16.

Dans le cas de l'interface parallèle, le doc. [CCIR, 1982-86] indique que d'après des études et des expériences effectuées par la Société Radio-Canada, il n'y a pas de problème de brouillage avec d'autres services si les câbles sont correctement blindés. Cette contribution recommande que les niveaux de rayonnement soient conformes aux limites du Tableau I [CSA, 1983]. Ces limites sont équivalentes à celles de la FCC aux Etats-Unis d'Amérique.

TABLEAU I – *Limites des émissions parasites (CSA, Classe A)*

Fréquence (MHz)	Champ maximal dB(μ V/m) à 30 m
30 à 88	30
88 à 216	50
216 à 1000	70

En relation avec l'interface série, le doc. [CCIR, 1982-86e] indique que la transmission par fibres optiques élimine les brouillages dus au câble et évite également le rayonnement par conduction dans le mode commun; cela dit, la qualité de fonctionnement des câbles coaxiaux peut aussi être presque parfaite. On considère que la plus grande partie du brouillage provient de la logique de traitement et de l'émetteur à grande puissance communs aux deux méthodes. Dans ce document, il est précisé en outre que, en raison de la large bande et du caractère aléatoire du signal numérique, l'amélioration obtenue par optimisation des fréquences est faible.

Note - Voir le projet de Rapport 1209.

10. Etudes complémentaires

Des études complémentaires sont demandées:

- sur les interfaces pour le niveau 4 : 4 : 4 et pour les niveaux de hiérarchie inférieure de la famille;
- pour déterminer les types de signaux auxiliaires à utiliser, y compris leurs caractéristiques et leur emplacement dans le train de données et proposer, le cas échéant, des normes internationales;
- pour déterminer quelles dispositions spéciales pourront être nécessaires pour les voies son associées, par exemple, afin d'éviter que les temps de propagation relatifs ne soient excessifs;
- pour déterminer les méthodes pratiques requises qui permettront de trouver les valeurs peu élevées admissibles pour le brouillage causé par les signaux numériques;
- sur les interfaces optiques pour transmettre un signal série.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BARACLOUGH, J.N., DALTON, C.J. et GREEN, N.W. [1987] - Experience with an experimental digital production centre, IEE colloquium Digest 1987/11, pp 13/1-13/6.

CSA [1983] Electromagnetic emissions from data processing equipment and electronic office machines: limits and methods C-108.8-M1983 - ISSN 0317-5669, Canadian Standards Association.

GRIMALDI, J.L., NASSE, D. et CAYET, A. [1986] - An experimental all-digital television centre, J.S.M.P.T.E., Vol. 95 No. 1, Pt. 1, pp 13-19.

UER [1983] EBU parallel interface for 625 line digital video signals. Tech. Doc. 3246.

UER [1985] EBU serial interface for 625 line digital video signal. Tech. Doc. 3247.

Documents du CCIR

[1982-86]: a. 11/126 (UER); b. 11/61 (Etats-Unis d'Amérique); c. 11/94 (Canada); d. 11/24 (Japon); e. 11/291 (GTI 11/7); f. 11/136 (OIRT); g. 11/336 (Italie); h. 11/347 (Italie); i. 11/335 (Italie); j. 11/356 (Italie); k. 11/354 (Italie); l. 11/385 (Canada).

[1986-90]: a. GTI 11/7-257 (Australie); b. GTI 11/7-186 (OIRT); c. GTI 11/7-115 (Royaume-Uni); d. 11/112 (Canada); e. 11/124 (Canada); f. GTI 11/7-141 (Royaume-Uni); g. 11/28 (Thomson-CSF).

BIBLIOGRAPHIE

STICKLER, M.G., NASSE, D. et BRADSHAW, D. [août 1984] The EBU bit serial interface for 625 line digital video signal. *Rev. de l'UER (Technique)*, 212, 181-187.

APPENDICE I

PROJET DE PROPOSITION D'ADJONCTION A LA RECOMMANDATION 656 CONCERNANT UNE INTERFACE OPTIQUE

7. Caractéristiques de l'interface optique

7.1 Caractéristiques de la source

7.1.1 Longueur d'onde de sortie

Valeur nominale: 1 300 nm

Largeur maximale de raie spectrale: 150 nm entre points à mi-puissance.

7.1.2 Puissance de sortie

Maximale: 0 dBm

Minimale: -25 dBm

7.1.3 Convention logique

La sortie de puissance maximale correspond à la signalisation de 1 logique.

7.1.4 Temps de montée et de descente

A décider.

7.1.5 Gigue

A décider.

7.1.6 Isolation

L'émetteur doit supporter 10% de sa puissance renvoyée par réflexion."

7.2 Liaison par fibre optique

FIBRE (compatible avec la fibre optique spécifiée dans la Recommandation G.652 du CCITT)

Type de fibre	- monomode
Dimensions: diamètre équivalent du faisceau guidé	- 9-10 $\mu\text{m} \pm 10\%$
gaine	- 125 μm
Fenêtre de fonctionnement	- autour de 1 300 nm
Concentricité du faisceau guidé	- < 3 μm
Non-circularité de la gaine	- < 2%
Longueur d'onde critique	- 1 100 - 1 280 nm
Affaiblissement à 1 300 nm	- < 1 dB/km
Dispersion maximale (1 270 - 1 340 nm)	- 6 ps/nm.km
CONNECTEUR	
Type	- biconique

7.3 Caractéristiques d'arrivée7.3.1 Sensibilité

Puissance d'entrée pour un taux d'erreur sur les bits moyen de 10^{-9} : -35 dBm.

Puissance maximale d'entrée: -20 dBm.

7.3.2 Puissance maximale d'entrée

Le récepteur devra fonctionner avec un taux d'erreur sur les bits moyen meilleur que 10^{-9} jusqu'à un niveau de puissance de -20 dBm.