



UNION INTERNATIONALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS

**CCITT**

COMITÉ CONSULTATIF  
INTERNATIONAL  
TÉLÉGRAPHIQUE ET TÉLÉPHONIQUE

**G.706**

(11/1988)

SÉRIE G: SYSTÈMES ET SUPPORTS DE  
TRANSMISSION, SYSTÈMES ET RÉSEAUX  
NUMÉRIQUES

Aspects généraux des systèmes de transmission  
numériques; équipements terminaux

Considérations générales

---

**VERROUILLAGE DE TRAME ET  
PROCÉDURES DE CONTRÔLE DE  
REDONDANCE CYCLIQUE (CRC)  
CONCERNANT LES STRUCTURES DE TRAME  
DE BASE DÉFINIES DANS LA  
RECOMMANDATION G.704**

Réédition de la Recommandation du CCITT G.706 publiée  
dans le Livre Bleu, Fascicule III.4 (1988)

---

## NOTES

- 1 La Recommandation G.706 du CCITT a été publiée dans le fascicule III.4 du Livre Bleu. Ce fichier est un extrait du Livre Bleu. La présentation peut en être légèrement différente, mais le contenu est identique à celui du Livre Bleu et les conditions en matière de droits d'auteur restent inchangées (voir plus loin).
- 2 Dans la présente Recommandation, le terme «Administration» désigne indifféremment une administration de télécommunication ou une exploitation reconnue.

© UIT 1988, 2007

Tous droits réservés. Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite, par quelque procédé que ce soit, sans l'accord écrit préalable de l'UIT.

## Recommandation G.706

# VERROUILLAGE DE TRAME ET PROCÉDURES DE CONTRÔLE DE REDONDANCE CYCLIQUE (CRC) CONCERNANT LES STRUCTURES DE TRAME DE BASE DÉFINIES DANS LA RECOMMANDATION G.704

(Melbourne, 1988)

## 1 Considérations générales

La présente Recommandation concerne l'équipement qui reçoit des signaux comportant des structures de trame de base telles que celles spécifiées dans la Recommandation G.704. Elle définit les procédures de verrouillage de trame, de verrouillage de multitrame, de contrôle de redondance cyclique et de contrôle d'erreur sur les bits de CRC à utiliser dans cet équipement. L'annexe A contient des informations générales sur l'utilisation des procédures de CRC et leurs limites.

## 2 Verrouillage de trame et procédures CRC à la jonction à 1544 kbit/s

### 2.1 *Perte et reprise du verrouillage de trame*

Deux structures de multitrame sont possibles à l'interface à 1544 kbit/s:

- a) multitrame de 24 trames, et
- b) multitrame de 12 trames.

#### 2.1.1 *Perte du verrouillage de trame*

Il convient de surveiller le signal de verrouillage de trame pour voir si le verrouillage de trame n'a pas été perdu. La perte du verrouillage de trame doit être détectée en moins de 12 ms et elle doit être confirmée sur plusieurs trames pour éviter que l'on entreprenne inutilement la procédure de reprise du verrouillage de trame à la suite d'erreurs de transmission sur les bits. La procédure de reprise du verrouillage de trame doit commencer immédiatement après la confirmation de la perte du verrouillage de trame.

*Remarque* – Pour la multitrame de 12 trames décrite dans la Recommandation G.704, on considère que la perte du verrouillage de multitrame se produit au moment de la perte du verrouillage de trame.

#### 2.1.2 *Reprise du verrouillage de trame*

##### 2.1.2.1 *Temps de reprise du verrouillage de trame*

Le temps de reprise du verrouillage de trame est défini comme le temps moyen maximal de reprise du verrouillage de trame en l'absence d'erreurs. Le temps moyen maximal de reprise du verrouillage de trame est le temps moyen nécessaire pour assurer la reprise du verrouillage de trame lorsqu'il faut examiner le maximum de positions de bit pour repérer le signal de verrouillage de trame.

##### a) *Multitrame de 24 trames*

Le temps moyen maximal de reprise du verrouillage de trame ne doit pas dépasser 15 ms.

*Remarque* – Certains équipements utilisés actuellement ont été conçus pour aller jusqu'à une limite de 50 ms.

##### b) *Multitrame de 12 trames*

Le temps moyen maximal de reprise du verrouillage de trame ne doit pas dépasser 50 ms.

*Remarque* – Ces délais ne tiennent pas compte du temps nécessaire à la procédure de CRC de vérification du verrouillage de trame incorrect définie au § 2.2.2.

### 2.1.2.2 Stratégie applicable à la reprise du verrouillage de trame

#### a) Multitrame de 24 trames

La reprise du verrouillage de trame doit se faire par détection du signal de verrouillage de trame correct. Lorsque le code de CRC-6 est utilisé pour le contrôle de la qualité en termes d'erreurs (voir le § 2.2.3), l'information de CRC-6 peut être associée à l'algorithme de verrouillage de trame pour s'assurer qu'un signal de verrouillage de trame correct contenu dans les 24 bits F est la seule séquence sur laquelle le circuit de reprise du verrouillage de trame puisse se verrouiller en permanence. Cette procédure est illustrée à la figure 1/G.706.

#### b) Multitrame de 12 trames

Le verrouillage de trame global doit être repris par détection simultanée du signal de verrouillage de trame et du signal de verrouillage de multitrame, ou du verrouillage de trame suivi du verrouillage de multitrame (voir la figure 1/G.706).

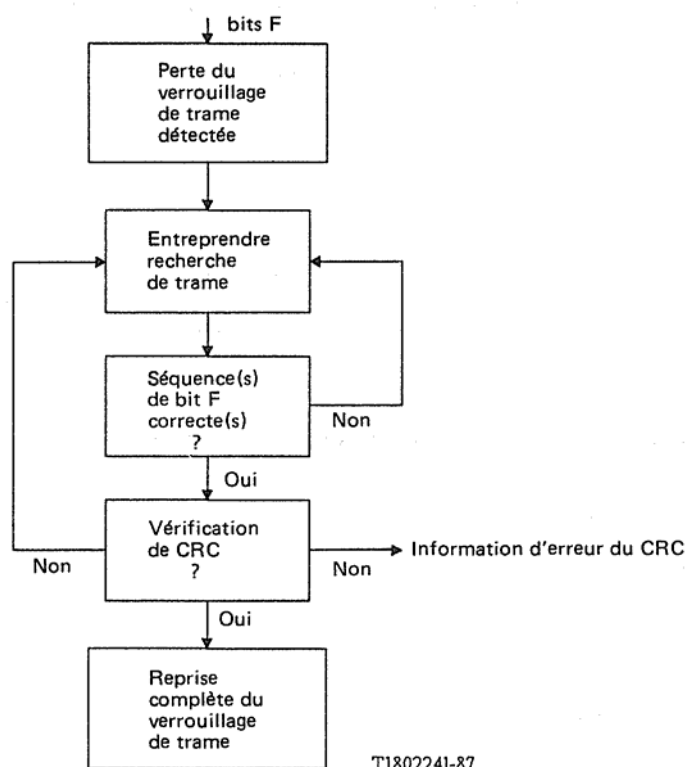


FIGURE 1/G.706

**Protection contre le verrouillage de trame incorrect à l'aide du contrôle de redondance cyclique (CRC) (1544 et 6312 kbit/s)**

## 2.2 *Contrôle des bits de CRC*

Le contrôle d'erreur par CRC-6 suppose que la qualité du signal est suffisante pour établir un verrouillage de trame permettant d'accéder correctement aux bits de CRC-6.

### 2.2.1 *Procédure de contrôle*

- i) Un bloc de messages pour contrôle CRC [BMC (CRC)] reçu est traité par le processus de multiplication/division défini dans la Recommandation G.704 après que ses bits F ont été remplacés par des «1» binaires.
- ii) Le résultat du processus de division est ensuite mémorisé et comparé bit par bit avec les bits de CRC reçus dans le BMC suivant.
- iii) Si le reste correspond exactement aux bits de CRC contenus dans le BMC suivant du signal reçu, on considère que le BMC vérifié ne contient pas d'erreur.

### 2.2.2 *Contrôle de verrouillage de trame incorrect* (voir le § A.1.1)

Dans le cas de la multitrame de 24 trames, lorsque le code de CRC-6 est utilisé pour le contrôle de la qualité en termes d'erreurs, il peut aussi servir à assurer la protection contre les signaux parasites de verrouillage de trame. Il convient de suivre la procédure décrite au § 2.1.2.2 a).

### 2.2.3 *Contrôle de la qualité en termes d'erreurs à l'aide du CRC-6* (voir le § A.1.2)

Pour contrôler la qualité en termes d'erreurs, il doit être possible d'obtenir des indications pour chaque bloc de message pour CRC erroné reçu. Les informations d'erreur obtenues doivent être utilisées conformément aux spécifications à définir dans les Recommandations respectives relatives aux équipements.

## 3 **Verrouillage de trame et procédures de CRC à la jonction à 6312 kbit/s**

### 3.1 *Perte et reprise du verrouillage de trame*

Pour le niveau hiérarchique à 6312 kbit/s, le terme «verrouillage de trame» est synonyme de «verrouillage de multitrame». Les cinq derniers bits de la trame à 789 bits sont appelés les bits F (voir la Recommandation G.704) et supportent en temps partagé le signal de verrouillage de trame et d'autres fonctions.

#### 3.1.1 *Perte du verrouillage de trame*

Il convient de surveiller le signal de verrouillage de trame pour voir si le verrouillage de trame n'a pas été perdu. Le verrouillage de trame est déclaré perdu après que sept signaux de verrouillage de trame incorrects consécutifs ont été reçus.

La procédure de reprise du verrouillage de trame doit commencer immédiatement après la confirmation de la perte du verrouillage de trame.

#### 3.1.2 *Reprise du verrouillage de trame*

##### 3.1.2.1 *Temps de reprise du verrouillage de trame*

Le temps de reprise du verrouillage de trame est défini comme le temps moyen maximal de reprise du verrouillage de trame en l'absence d'erreurs. Le temps moyen maximal de reprise du verrouillage de trame est le temps moyen nécessaire pour assurer la reprise du verrouillage de trame lorsqu'il faut examiner le maximum de positions de bit pour repérer le signal de verrouillage de trame.

Le temps moyen maximal de reprise du verrouillage de trame doit être inférieur à 5 ms.

##### 3.1.2.2 *Stratégie applicable à la reprise du verrouillage de trame*

La reprise du verrouillage de trame doit se faire par détection de trois signaux de verrouillage de trame corrects consécutifs. De plus, le code de CRC-5 (voir le § 3.2) doit être associé à l'algorithme de verrouillage de trame pour s'assurer qu'un signal de verrouillage de trame correct contenu dans les bits F est la seule séquence sur laquelle le circuit de reprise du verrouillage de trame puisse se verrouiller en permanence. Cette procédure est illustrée à la figure 1/G.706.

### 3.2 *Contrôle des bits de CRC*

Le contrôle d'erreur par CRC-5 suppose que la qualité du signal est suffisante pour établir un verrouillage de trame permettant d'accéder correctement aux bits de CRC-5.

#### 3.2.1 *Procédure de contrôle*

i) Une séquence reçue de 3156 bits en série (3151 bits de BMC et 5 bits de CRC) est divisée par le polynôme générateur défini dans la Recommandation G.704.

ii) Si le résultat du processus de division est 00000, on considère que le BMC vérifié ne contient pas d'erreur.

#### 3.2.2 *Contrôle de verrouillage de trame incorrect* (voir le § A.1.1)

Il convient de suivre la procédure décrite au § 3.1.2.2 lorsque le code de CRC-5 est utilisé pour assurer la protection contre un signal de verrouillage de trame incorrect.

Il doit être possible à l'aide du code de CRC-5, de détecter un verrouillage de trame incorrect en moins d'une seconde avec une probabilité supérieure à 0,99. Dès la détection de cette situation, il faut rechercher le verrouillage de trame correct.

Avec un taux d'erreur aléatoire de  $10^{-4}$ , le temps moyen entre deux déclenchements intempestifs de la recherche du verrouillage de trame, en raison d'un trop grand nombre de blocs de message pour CRC erronés, doit être de plus d'un an.

*Remarque 1* - Avec un taux d'erreur aléatoire d'environ  $10^{-3}$ , il est presque impossible de savoir si les erreurs détectées par le CRC sont causées par le verrouillage de trame incorrect ou par des erreurs de transmission sur les bits.

*Remarque 2* – Pour atteindre les limites de probabilité indiquées ci-dessus, une méthode consiste à compter les blocs de message du CRC-5 erronés, étant entendu que 32 blocs de message du CRC-5 erronés consécutifs indiquent que le verrouillage de trame est incorrect.

#### 3.2.3 *Contrôle de la qualité en termes d'erreurs à l'aide du code de CRC-5* (voir le § A.1.2)

Pour le contrôle de la qualité en termes d'erreurs, il doit être possible d'obtenir des indications pour chaque bloc de message pour CRC erroné reçu. Les informations d'erreur obtenues doivent être utilisées conformément aux spécifications à définir dans les Recommandations respectives relatives aux équipements.

## 4 **Verrouillage de trame et procédures de CRC à la jonction à 2048 kbit/s**

### 4.1 *Perte et reprise du verrouillage de trame*

#### 4.1.1 *Perte du verrouillage de trame*

Le verrouillage de trame sera considéré comme perdu quand trois signaux de verrouillage de trame consécutifs auront été reçus avec erreur.

*Remarque 1* – En plus de ce qui précède, et afin de se prémunir contre les signaux de verrouillage de trame parasites, la procédure suivante peut être utilisée:

Le verrouillage de trame sera considéré comme perdu quand le bit 2 de l'intervalle de temps 0 dans les trames ne contenant pas de signal de verrouillage de trame sera reçu avec erreur trois fois de suite.

*Remarque 2* – La perte de verrouillage de trame peut aussi être déclarée lorsqu'on ne peut pas réaliser le verrouillage de multitrame CRC conformément au § 4.2 ou lorsqu'on dépasse un nombre spécifié de blocs de messages pour CRC erronés, comme indiqué au § 4.3.2.

#### 4.1.2 *Stratégie applicable à la reprise du verrouillage de trame*

Le verrouillage de trame sera considéré comme repris quand on aura constaté successivement:

- une première fois, la présence du signal de verrouillage de trame correct;
- l'absence du signal de verrouillage de trame dans la trame suivante détectée en vérifiant que le bit 2 de la trame de base est un 1;
- une deuxième fois, la présence du signal de verrouillage de trame correct dans la trame suivante.

*Remarque* – Pour éviter qu'il puisse s'établir un état où le verrouillage de trame soit irréalisable du fait de la présence d'un signal de verrouillage de trame parasite, on peut procéder comme suit:

Quand on détecte la présence d'un signal de verrouillage de trame valable dans une trame  $n$ , on vérifiera que la trame  $n + 1$  ne contient pas de signal de verrouillage et que la trame  $n + 2$  contient un signal de verrouillage de trame. Si ces deux conditions ou l'une seulement ne sont pas remplies, on entreprendra une nouvelle recherche dans la trame  $n + 2$ .

#### 4.2 *Verrouillage de multitrame CRC en utilisant les informations contenues dans le bit 1 de la trame de base*

Si une condition de verrouillage de trame présumé a été réalisée, on considère que le verrouillage de multitrame CRC a eu lieu si au moins deux signaux de verrouillage de multitrame CRC valables peuvent être détectés en 8 ms, le temps séparant deux signaux de verrouillage de multitrame CRC étant 2 ms ou un multiple de 2 ms. La recherche du signal de verrouillage de multitrame CRC doit se faire uniquement dans les trames de base ne contenant pas de signal de verrouillage de trame.

Si le verrouillage de multitrame ne peut pas être réalisé en 8 ms, on admet que le verrouillage de trame est un signal de verrouillage de trame parasite et une nouvelle recherche de verrouillage de trame doit être lancée.

*Remarque 1* – La nouvelle recherche de verrouillage de trame doit commencer en un point situé juste après l'emplacement du signal de verrouillage de trame parasite présumé. Cela évitera généralement une reprise du verrouillage sur le signal de verrouillage de trame parasite.

*Remarque 2* – Les dispositions correspondantes prises à la suite d'une perte de verrouillage de trame ne doivent plus s'appliquer une fois que le verrouillage de trame a été repris. Cependant, si le verrouillage de multitrame CRC ne peut pas être réalisé dans un délai compris entre 100 ms et 500 ms (par exemple, parce que la procédure de CRC n'a pas été mise en œuvre à l'extrémité émission), on prendra des dispositions équivalant à celles spécifiées pour la perte de verrouillage de trame.

#### 4.3 *Contrôles des bits de CRC*

Si le verrouillage de trame et le verrouillage de multitrame CRC sont réalisés, le contrôle des bits de CRC dans chaque sous-multitrame doit commencer.

##### 4.3.1 *Procédure de contrôle*

- i) Une sous-multitrame CRC reçue est traitée par le processus de multiplication/division défini dans la Recommandation G.704 après que ses bits de CRC ont été extraits et remplacés par des zéros.
- ii) Le reste provenant du processus de division est ensuite mémorisé puis comparé bit par bit avec les bits de CRC reçus dans la sous-multitrame (SMT) suivante.
- iii) Si le reste correspond exactement aux bits de CRC contenus dans la sous-multitrame suivante du signal reçu, on considère que la SMT vérifiée ne contient pas d'erreurs.

#### 4.3.2 Contrôle de verrouillage de trame incorrect (voir le § A.1.1)

Il doit être possible de détecter une situation de verrouillage de trame incorrect en moins d'une seconde et avec une probabilité supérieure à 0,99. A la détection d'une telle situation, on doit entreprendre la recherche du verrouillage de trame.

Avec un taux d'erreur aléatoire de  $10^{-3}$ , la probabilité de déclenchement intempestif de la recherche du verrouillage de trame, en raison d'un trop grand nombre de blocs de messages pour CRC erronés, doit être inférieure à  $10^{-4}$  sur une période d'une seconde.

La figure 2/G.706 présente la procédure à suivre pour passer de la recherche du verrouillage de trame au contrôle d'erreur à l'aide du CRC.

*Remarque 1* – La recherche du verrouillage de trame doit commencer en un point situé juste après l'emplacement du signal de verrouillage de trame parasite présumé. Cela évitera généralement une reprise du verrouillage de trame sur le signal de verrouillage de trame parasite.

*Remarque 2* – Pour atteindre les limites de probabilité indiquées ci-dessus, une valeur de seuil préférée est 915 blocs de message pour CRC erronés sur 1000, étant entendu qu'une valeur  $\geq 915$  blocs de message pour CRC erronés indique un verrouillage de trame incorrect.

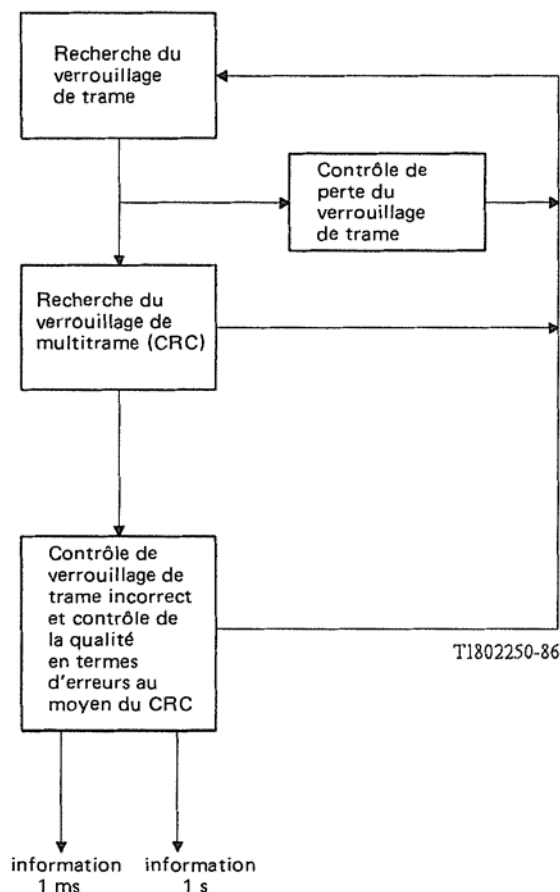


FIGURE 2/G.706

**Procédure à suivre pour passer de la recherche de verrouillage de trame au contrôle d'erreur au moyen du contrôle de redondance cyclique (CRC) (2048 kbit/s)**



#### 4.3.3 *Contrôle des caractéristiques d'erreur au moyen du CRC-4* (voir le § A.1.2)

L'information concernant l'état de traitement du CRC doit être disponible sous deux formes:

a) *Information directe*

Chaque fois qu'un bloc de message pour CRC erroné sera détecté, il sera nécessaire de l'indiquer.

b) *Information intégrée*

Le nombre de blocs de message pour CRC erronés par seconde doit être disponible chaque seconde. Ce nombre sera compris entre 0 et 1000 (décimal).

## **5 Verrouillage de trame et procédures de CRC à la jonction à 8448 kbit/s**

Pour étude ultérieure.

## ANNEXE A

(à la Recommandation G.706)

### Informations générales relatives à l'utilisation des procédures de contrôle de redondance cyclique (CRC)

#### A.1 *Raisons de l'application des procédures de CRC*

Les procédures de CRC peuvent être utilisées à la fois pour assurer la protection contre le verrouillage de trame incorrect et pour contrôler les erreurs sur les bits.

##### A.1.1 *Protection contre le verrouillage de trame incorrect*

Les procédures de CRC servent à assurer la protection contre le verrouillage de trame incorrect des récepteurs de signaux multiplex. Par exemple, un verrouillage de trame incorrect peut se produire dans un RNIS si l'utilisateur simule un signal de verrouillage de trame dans son terminal non téléphonique. Toutefois, étant donné que l'utilisateur ne commande pas la composition d'une trame multiplex, l'adjonction de bits de CRC et l'évaluation de ces bits dans le récepteur entraînent la détection du verrouillage de trame incorrect.

##### A.1.2 *Contrôle d'erreur sur les bits*

On a aussi recours à la procédure de CRC pour améliorer le contrôle du taux d'erreur sur les bits si de petites valeurs du taux d'erreur (par exemple,  $10^{-6}$ ) doivent être considérées. Le CRC (comme le contrôle du signal de verrouillage de trame) tient compte de la totalité de la liaison numérique entre la source et le récepteur d'un signal multiplex, contrairement au contrôle des violations de code (par exemple, contrôle des violations des codes AMI, HDB3 ou B8ZS) qui concerne seulement la section de ligne numérique la plus proche du récepteur, ou très souvent seulement la jonction [par exemple, entre un multiplexeur numérique et une terminaison de commutateur (TC)].

#### A.2 *Limites des procédures de CRC*

##### A.2.1 *Probabilité de non-détection des erreurs sur les bits*

On peut estimer [1] que pour les codes de CRC- $n$ , et de longs blocs de message/contrôle, la probabilité de non-détection d'une erreur approche  $2^{-n}$  même avec un taux d'erreur sur les bits élevé; avec un faible taux d'erreur sur les bits, la probabilité est inférieure. L'imprécision qui en résulte (tout au plus avec le CRC-4, environ 6% des blocs contiennent des erreurs non détectées, et avec le CRC-6, 1,6%) est tolérable, compte tenu de l'objectif visé.

##### A.2.2 *Limitation des applications à la mesure du taux d'erreur sur les bits*

La procédure de CRC ne convient pas bien pour mesurer des valeurs du taux d'erreur sur les bits si élevées qu'en moyenne chaque bloc de message/contrôle contient au moins une erreur sur les bits (par exemple, pour un taux d'erreur sur les bits (TEB) égal ou supérieur à  $10^{-3}$ ).

#### Référence

[1] WITZKE, K. A. et LEUNG, C. – A comparison of some error detecting CRC code standards. *IEEE Trans.*, vol. COM-33, pp. 996-998, 1985.



## SÉRIES DES RECOMMANDATIONS UIT-T

Série A	Organisation du travail de l'UIT-T
Série B	Moyens d'expression: définitions, symboles, classification
Série C	Statistiques générales des télécommunications
Série D	Principes généraux de tarification
Série E	Exploitation générale du réseau, service téléphonique, exploitation des services et facteurs humains
Série F	Services de télécommunication non téléphoniques
<b>Série G</b>	<b>Systèmes et supports de transmission, systèmes et réseaux numériques</b>
Série H	Systèmes audiovisuels et multimédias
Série I	Réseau numérique à intégration de services
Série J	Transmission des signaux radiophoniques, télévisuels et autres signaux multimédias
Série K	Protection contre les perturbations
Série L	Construction, installation et protection des câbles et autres éléments des installations extérieures
Série M	RGT et maintenance des réseaux: systèmes de transmission, de télégraphie, de télécopie, circuits téléphoniques et circuits loués internationaux
Série N	Maintenance: circuits internationaux de transmission radiophonique et télévisuelle
Série O	Spécifications des appareils de mesure
Série P	Qualité de transmission téléphonique, installations téléphoniques et réseaux locaux
Série Q	Commutation et signalisation
Série R	Transmission télégraphique
Série S	Equipements terminaux de télégraphie
Série T	Terminaux des services télématiques
Série U	Commutation télégraphique
Série V	Communications de données sur le réseau téléphonique
Série X	Réseaux de données et communication entre systèmes ouverts
Série Y	Infrastructure mondiale de l'information et protocole Internet
Série Z	Langages et aspects informatiques généraux des systèmes de télécommunication