



UNION INTERNATIONALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS

**CCITT**

COMITÉ CONSULTATIF  
INTERNATIONAL  
TÉLÉGRAPHIQUE ET TÉLÉPHONIQUE

**G.810**

(11/1988)

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

Réseaux numériques, sections numériques et systèmes  
de ligne numérique – Objectifs de conception pour les  
réseaux numériques

---

**Considérations sur les problèmes de temps-  
fréquence et de synchronisation**

Réédition de la Recommandation G.810 du CCITT publiée  
dans le Livre Bleu, Fascicule III.5 (1989)

---

## NOTES

- 1 La Recommandation G.810 du CCITT a été publiée dans le fascicule III.5 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.

## Recommandation G.810

# CONSIDÉRATIONS SUR LES PROBLÈMES DE TEMPS-FRÉQUENCE ET DE SYNCHRONISATION

(Melbourne, 1988)

## 1 Considérations générales

La présente Recommandation fournit des informations et des directives concernant les différentes Recommandations relatives aux signaux de temps et de fréquence et à la synchronisation ainsi qu'un aperçu des problèmes fondamentaux qui s'y rattachent.

## 2 Définitions

### horloge de référence primaire

Horloge de référence qui produit un signal de rythme ayant un écart de fréquence à long terme maintenu à  $1 \cdot 10^{-11}$  ou mieux, par rapport au Temps Universel Coordonné (UTC). Les dispositions concernant l'horloge de référence primaire sont données dans la Recommandation G.811.

*Remarque 1* – L'horloge de référence primaire peut produire un signal de rythme complètement indépendant d'autres références ou, en variante, ne pas avoir une utilisation entièrement autonome. Dans ce dernier cas, elle peut utiliser la commande directe à partir de sources usuelles de signaux horaires et de fréquences définies par référence à l'UTC.

*Remarque 2* – Cette horloge est parfois appelée horloge de couche 1 (horloge ayant la qualité la plus élevée dans le réseau).

### noeud de réseau synchrone

Emplacement géographique où se trouve(nt) un ou plusieurs équipement(s) numérique(s) synchrone(s) interconnecté(s).

### noeud de transit

Noeud de réseau synchrone ayant des interfaces avec d'autres noeuds mais pas directement avec l'équipement de l'utilisateur.

### noeud local

Noeud de réseau synchrone ayant une interface directe avec l'équipement de l'utilisateur.

### horloge asservie

Horloge dont le signal de rythme à la sortie est verrouillé en phase sur le signal de rythme reçu d'une horloge de qualité supérieure à la sienne. Les dispositions concernant l'horloge asservie sont données dans la Recommandation G.812.

*Remarque* – L'horloge asservie de qualité la plus élevée est parfois appelée horloge de noeud de transit ou horloge de couche 2. L'horloge asservie de qualité immédiatement inférieure est parfois appelée horloge de noeud local ou horloge de couche 3.

### gigue

Variations à court terme des instants significatifs d'un signal numérique par rapport à leurs positions de référence dans le temps.

### gigue de rythme

Variations à court terme des instants significatifs d'un signal numérique par rapport aux positions qu'ils devraient occuper théoriquement dans le temps (l'expression à court terme signifie que ces variations sont de fréquence supérieure ou égale à 10 Hz).

### **gigue d'alignement**

Variations à court terme entre les instants d'échantillonnage optimaux d'un signal numérique et d'une horloge d'échantillonnage définie par référence à ce signal.

### **dérapiage**

Variations à long terme des instants significatifs d'un signal numérique par rapport aux positions qu'ils devraient occuper théoriquement dans le temps (l'expression à long terme signifie que ces variations sont de fréquence inférieure à 10 Hz).

*Remarque* – Aux fins de la présente Recommandation et des Recommandations suivantes connexes, cette définition du dérapage ne recouvre pas le décalage de fréquence initiale.

### **écart de fréquence**

Décalage sous-jacent de la fréquence à long terme d'un signal de rythme par rapport à sa fréquence théorique.

### **glissement**

Répétition ou suppression d'un bloc de bits dans un train de bits synchrone ou plésiochrone, produite par un écart entre les vitesses de lecture et d'enregistrement dans une mémoire-tampon.

## **3 Description des composantes de la variation de phase**

La variation de phase se compose généralement de trois éléments: gigue, dérapage et écart de fréquence intégré. De plus, les discontinuités de phase imputables aux perturbations transitoires (réacheminement dans le réseau, commutation automatique de protection, etc.) peuvent également être une source de variation de phase.

## **4 Dégradations provoquées par variation de phase**

### *4.1 Types de dégradation*

#### *4.1.1 Erreurs*

Des erreurs peuvent se produire en des points de régénération des signaux par suite de déplacements des signaux de rythme par rapport à leur position optimale dans le temps.

#### *4.1.2 Dégradation de l'information analogique codée numériquement*

La dégradation de l'information analogique codée numériquement peut se produire à la suite d'une variation de phase des échantillons reconstitués dans le dispositif de conversion numérique/analogique à l'extrémité de la communication. Cela peut avoir une influence notable sur les signaux vidéo codés numériquement.

#### *4.1.3 Glissements*

Des glissements surviennent par suite de l'incapacité d'une mémoire-tampon d'équipement (et/ou d'autres mécanismes) à absorber les différences entre les phases et/ou les fréquences des signaux entrants et sortants dans les cas où le rythme du signal sortant n'est pas déterminé par celui du signal entrant. Les glissements peuvent être commandés ou non commandés suivant la méthode adoptée pour la régulation des glissements.

### *4.2 Protection contre les dégradations*

#### *4.2.1 Erreurs*

Le but des spécifications concernant la gigue aussi bien du réseau que des équipements est de faire en sorte que la gigue n'ait pas d'influence sur la performance en matière d'erreur du réseau.

#### *4.2.2 Dégradation des signaux analogiques codés numériquement*

Le but des spécifications concernant la gigue est de fournir suffisamment d'information pour permettre à ceux qui conçoivent le matériel de réaliser des équipements qui puissent accepter les valeurs prévues de variation de phase sans subir de dégradations inacceptables.

### 4.2.3 *Glissements*

Les glissements peuvent se produire dans les systèmes multiplex asynchrones et dans différents équipements synchrones. Etant donné les niveaux spécifiés de variation de phase, les apparitions de glissement peuvent être réduites au minimum dans les muldex asynchrones par un choix convenable de la justification et de la capacité de la mémoire-tampon du muldex. Pour les équipements synchrones, les apparitions de glissement peuvent être réduites au minimum par un choix approprié de la capacité de la mémoire-tampon ainsi que par des spécifications rigoureuses des caractéristiques de qualité des horloges.

Il convient de noter qu'il est impossible d'éliminer les glissements lorsqu'il y a une différence de fréquence entre les signaux de rythme entrants et sortants. Les objectifs de limitation du taux de glissement commandé pour une communication internationale sont donnés dans la Recommandation G.822.

On peut utiliser différents types d'équipement de verrouillage pour réduire au minimum l'influence des glissements. Les deux types suivants conviennent bien pour l'aboutissement de signaux numériques:

- un dispositif de verrouillage de trame;
- un dispositif de verrouillage d'intervalles de temps.

4.2.3.1 En cas d'utilisation d'un dispositif de verrouillage de trame, le glissement est produit par l'insertion ou par la suppression d'une série d'éléments numériques consécutifs, jusqu'à concurrence d'une trame. Pour les structures de trame définies dans la Recommandation G.704, le glissement peut consister en une trame entière. Il importe que le retard maximal et le retard moyen provoqués par le dispositif de verrouillage de trame soient aussi faibles que possible, de façon à réduire le retard au minimum. Une fois que le dispositif de verrouillage de trame a produit un glissement, il importe également qu'il puisse compenser d'autres variations notables du temps d'arrivée des signaux de verrouillage de trame avant qu'il soit nécessaire de provoquer un nouveau glissement.

4.2.3.2 En cas d'utilisation d'un dispositif de verrouillage d'intervalles de temps, le glissement consistera en l'introduction ou la suppression de huit éléments numériques consécutifs d'un intervalle de temps dans une ou plusieurs voies à 64 kbit/s. Des glissements pouvant se produire sur des voies différentes et à des moments différents, il faut prévoir dans les équipements de commutation des dispositifs de commande spéciaux si l'on désire maintenir l'intégrité de la séquence des octets dans les services à multiples voies.

## 5 **Objet des spécifications concernant la variation de phase**

### 5.1 *Gigue*

Les dispositions concernant la gigue (voir les Recommandations G.823 et G.824) rentrent dans deux catégories principales:

- spécification de la gigue maximale admissible à la sortie des interfaces hiérarchiques;
- spécifications d'essais en présence d'une gigue sinusoïdale pour garantir que les accès d'entrée peuvent admettre les valeurs prévues de la gigue du réseau.

On trouvera des dispositions complémentaires concernant la gigue pour différents équipements dans les Recommandations relatives à ces équipements.

### 5.2 *Dérapage et écart de fréquence à long terme*

Les exigences en matière de fréquence rentrent dans les catégories suivantes:

- i) dérapage maximal de fréquence admissible à la sortie des noeuds de réseau synchrones;
- ii) contraintes spécifiques pour s'assurer que les accès d'entrée des équipements synchrones puissent admettre les valeurs prévues du dérapage de fréquence du réseau;
- iii) les spécifications concernant les dérapages des horloges de référence primaires et des horloges asservies peuvent comprendre:
  - a) le dérapage de sortie intrinsèque dans les conditions théoriques de fonctionnement;
  - b) le dérapage de sortie intrinsèque dans les conditions de fonctionnement en libre;
  - c) le dérapage en sortie dans les conditions d'essai en présence de contraintes;
  - d) la caractéristique de transfert de dérapage.

L'objet de ces Recommandations est de spécifier des limites non seulement pour l'accumulation du dérapage admissible le long des trajets de transmission, mais également pour l'accumulation du dérapage transmise sur les liens de distribution de la synchronisation provenant d'horloges montées en cascade.

## **6 Structure des réseaux de synchronisation**

### **6.1 Modes de synchronisation**

Les réseaux internationaux fonctionnent généralement en mode plésiochrone les uns par rapport aux autres.

La synchronisation des réseaux nationaux peut être de l'un des types suivants:

- soit réseaux totalement synchronisés, commandés par une ou plusieurs horloges de référence primaires;
- soit réseaux totalement plésiochrones;
- soit réseaux mixtes, c'est-à-dire avec des sous-réseaux synchronisés commandés par une ou plusieurs horloges de référence primaires fonctionnant en mode plésiochrone les uns par rapport aux autres.

### **6.2 Réseaux de synchronisation**

Il existe deux méthodes fondamentales de synchronisation des horloges nodales:

- la synchronisation de type maître-esclave;
- la synchronisation mutuelle.

La synchronisation de type maître-esclave met en oeuvre une horloge de référence primaire unique sur laquelle toutes les autres horloges sont verrouillées en phase. La synchronisation s'obtient en acheminant le signal de rythme d'une horloge à la suivante. Les hiérarchies d'horloges peuvent être établies avec un certain nombre d'horloges asservies par des horloges d'ordre plus élevé et qui, à leur tour, agissent comme horloges maîtresses vis-à-vis des horloges d'ordre moins élevé.

Dans un système de synchronisation mutuelle, toutes les horloges sont interconnectées; il n'y a pas de structure hiérarchique de base, ni d'horloge de référence primaire unique.

Dans certaines méthodes de synchronisation utilisées en pratique, on combine la technique de type maître-esclave et la technique de synchronisation mutuelle.



## 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