



UNION INTERNATIONALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS

**CCITT**

COMITÉ CONSULTATIF  
INTERNATIONAL  
TÉLÉGRAPHIQUE ET TÉLÉPHONIQUE

**G.811**

(11/1988)

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

Objectifs de conception pour les réseaux numériques

---

**Conditions sur le rythme de sortie des horloges  
de référence primaires destinées à l'exploitation  
en mode plésiochrone de liaisons numériques  
internationales**

Réédition de la Recommandation du CCITT G.811 publiée  
dans le Livre Bleu, Fascicule III.5 (1989)

---

## NOTES

- 1 La Recommandation G.811 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.

**CONDITIONS SUR LE RYTHME DE SORTIE DES HORLOGES DE RÉFÉRENCE PRIMAIRES DESTINÉES À L'EXPLOITATION EN MODE PLÉSIOCHRONE DE LIAISONS NUMÉRIQUES INTERNATIONALES**

*(Melbourne, 1988)*

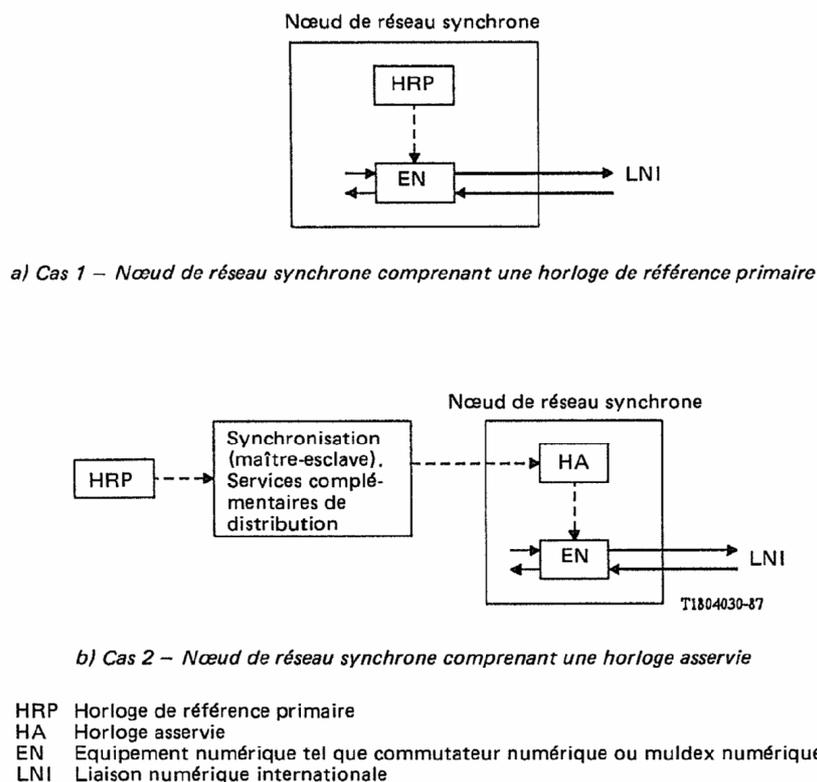
**1 Considérations générales**

1.1 *Communications internationales et synchronisation des réseaux*

Les réseaux numériques nationaux, qui peuvent utiliser divers dispositifs de synchronisation interne, sont généralement connectés par des liaisons internationales exploitées en mode plésiochrone. Les centres de commutation internationaux (CCI) seront interconnectés directement ou indirectement par l'intermédiaire d'un ou plusieurs CCI intermédiaires, comme le montre la communication fictive de référence (CFR) présentée à la figure 1/G.801.

Les communications internationales aboutissent à des noeuds de réseau synchrones qui peuvent comprendre ou ne pas comprendre d'horloge de référence primaire. De tels noeuds de réseau peuvent comporter des horloges asservies. C'est pourquoi les spécifications des horloges des noeuds de réseau synchrones sont essentielles pour assurer une exploitation satisfaisante des liaisons numériques internationales plésiochrones.

La figure 1/G.811 représente les deux variantes de communications internationales décrites ci-dessus.



*Remarque* – D'autres cas feront l'objet d'un complément d'étude.

FIGURE 1/G.811

**Communications internationales aboutissant à des noeuds de réseau synchrones**

## 1.2 *Objet de la présente Recommandation*

L'objet de cette Recommandation est de stipuler les spécifications relatives aux horloges de référence primaires, de faciliter la compréhension des spécifications de rythme correspondantes pour le fonctionnement en mode plésiochrone des liaisons numériques internationales, et d'expliquer les rapports existants entre les spécifications concernant les noeuds de réseau synchrones, leurs horloges constitutives et l'utilisation des systèmes à satellites.

Les Administrations peuvent, si elles le souhaitent, appliquer la présente Recommandation aux horloges, de référence primaires autres que celles utilisées pour les liaisons qui écoulent du trafic international.

## 1.3 *Interaction entre fonctionnement international plésiochrone et synchrone*

Il importe que les Recommandations relatives au fonctionnement plésiochrone ne compromettent pas la possibilité de mise en oeuvre ultérieure de la synchronisation internationale.

Lorsque les fonctionnements plésiochrone et synchrone coexistent à l'intérieur d'un réseau international, les noeuds devront être conformes aux deux types de fonctionnement. Il importe donc que les commandes de synchronisation ne provoquent pas pour les horloges, des erreurs de fréquence à court terme inacceptables pour le mode de fonctionnement plésiochrone. Les amplitudes de ces écarts à court terme doivent être conformes aux spécifications exposées plus loin au § 2.2.

## 1.4 *Erreur maximale sur la durée (ERMSD) et rapport avec l'erreur de fréquence*

L'erreur relative maximale sur la durée (ERMSD) est la variation maximale crête à crête du retard d'un signal de rythme donné par rapport à un signal de rythme idéal pendant une période donnée (voir la figure 2/G.811), c'est-à-dire:  $ERMSD(S) = \max x(t) - \min x(t)$  pour toutes les valeurs de  $t$  à l'intérieur de  $S$ .

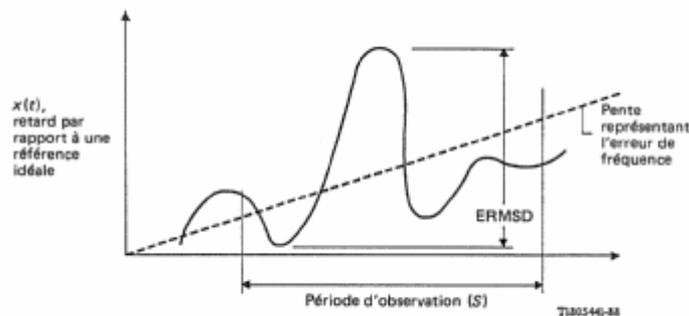


FIGURE 2/G.811

### **Définition de l'erreur relative maximale sur la durée**

L'écart relatif de fréquence à long terme ( $\Delta f/f$ ) est déterminé par l'erreur relative maximale sur la durée (ERMSD) divisée par la période d'observation  $S$ , à mesure que  $S$  augmente.

*Remarque* – La définition rigoureuse et la mesure de l'erreur relative de fréquence à long terme des horloges feront l'objet d'études ultérieures.

## **2 Ecart de fréquence à long terme et stabilité de phase des horloges de référence primaires**

Une horloge de référence primaire commande la qualité en matière de synchronisation pour l'ensemble du réseau. Il faut spécifier l'écart de fréquence à long terme et la stabilité de phase d'une horloge de référence primaire et fournir des indications en ce qui concerne les problèmes liés à la qualité en termes de dégradation et d'indisponibilité. La définition d'une horloge de référence primaire est donnée dans la Recommandation G.810.

### 2.1 *Ecart de fréquence à long terme*

Une horloge de référence primaire devrait être conçue en fonction d'un écart de fréquence maximal à long terme de  $1 \times 10^{11}$ . Cette valeur est environ deux ordres de grandeur supérieure à l'incertitude du Temps Universel Coordonné (UTC). En conséquence, l'UTC devrait servir de référence pour l'écart de fréquence à long terme (voir le Rapport 898 du CCIR).

En conséquence, la fréquence théorique à long terme d'apparition de glissements contrôlés de trame ou d'octets (c'est-à-dire le taux de glissement nominal correspondant à l'absence théorique de perturbations) dans une voie quelconque à 64 kbit/s ne dépasse pas un glissement par période de 70 jours et par liaison numérique internationale (voir la Recommandation G.822).

*Remarque 1* – Un certain nombre d'Administrations préfèrent un écart de fréquence maximal à long terme de l'horloge de référence primaire de  $7 \times 10^{12}$  en se fondant sur la technique actuelle des horloges de référence primaires.

*Remarque 2* – Les horloges à jet de césium sont appropriées comme horloges de référence primaires conformes aux spécifications ci-dessus.

## 2.2 Stabilité de phase

La stabilité de phase d'une horloge peut être décrite par ses variations de phase qui, à leur tour, peuvent être subdivisées en un certain nombre d'éléments:

- discontinuités de phase dues à des perturbations transitoires;
- variations de phase à long terme (dérapage et décalage de fréquence initiaux);
- variations de phase à court terme (gigue).

On trouvera dans l'annexe A à la présente Recommandation une description d'un modèle de stabilité de phase pour les horloges primaires de référence.

### 2.2.1 Discontinuités de phase

Les horloges primaires de référence nécessitent une extrême fiabilité et leur équipement doit être redondant pour assurer la continuité du fonctionnement. Cependant, les discontinuités de phase, qui sont dues au fonctionnement interne dans l'horloge, doivent seulement donner lieu à un accroissement ou à une diminution de la durée de l'impulsion et ne doivent pas entraîner une discontinuité de phase supérieure à 1/8 d'intervalle unitaire à la sortie de l'horloge (cela vaut pour des signaux de sortie à 1544 kbit/s ou 2048 kHz – voir le § 4. La spécification d'autres interfaces est à l'étude).

### 2.2.2 Variations de phase à long terme

La variation de phase maximale admissible à long terme à la sortie d'une horloge de référence primaire (sinusoïdale ou impulsive) est exprimée sous forme d'erreur relative maximale sur la durée (ERMSD).

Sur une durée de  $S$  secondes, l'ERMSD ne doit pas dépasser les limites suivantes:

- a)  $100 S$  ns pour l'intervalle  $0,05 < S \leq 5$
- b)  $(5 S + 500)$  ns pour l'intervalle  $5 < S \leq 500$
- c)  $(0,01 S + X)$  ns pour les valeurs  $S > 500$ .

L'asymptote désignée  $10^{-11}$  se réfère à l'écart de fréquence à long terme spécifié au § 2.1.

La valeur de  $X$  est à l'étude. Il est provisoirement recommandé d'utiliser la valeur  $X = 3000$  ns. Certaines Administrations donnent la préférence à la valeur de 1000 ns.

*Remarque 1* – Il est suggéré d'utiliser un filtre passe-bas de 10 Hz pour mesurer les variations de phase à long terme.

*Remarque 2* – La Recommandation relative à l'ERMSD doit faire l'objet d'études complémentaires.

*Remarque 3* – La spécification globale est illustrée à la figure 3/G.811.

### 2.2.3 Variations de phase à court terme

Il existe aujourd'hui des horloges dont la mise en oeuvre comporte certains éléments d'instabilité de phase à haute fréquence. La spécification du maximum admissible de variation de phase à court terme, due à la gigue, pour une horloge de référence primaire est à l'étude.

## 3 Dégradation de la performance d'une horloge de référence primaire

L'extrême fiabilité requise d'une horloge de référence primaire implique la redondance, obtenue par exemple par l'incorporation de plusieurs oscillateurs à jet de césium, la sortie d'un seul de ces oscillateurs étant utilisée à la fois. Si la fréquence de l'horloge s'écarte sensiblement de sa valeur nominale, cet écart doit être détecté et la commutation sur un oscillateur non dégradé doit être effectuée. Cette commutation doit être exécutée avant que la valeur spécifiée pour l'ERMSD ne soit dépassée.

Compte tenu des technologies actuelles, la performance d'une horloge de référence primaire est statistiquement très supérieure à la valeur spécifiée pour l'ERMSD (voir la figure 3/G.811).

#### 4 Interfaces

L'interface préférentielles pour la sortie du signal de base de temps est conforme à la Recommandation G.703, § 10, c'est-à-dire une interface à 2048 kHz. Par accord entre exploitants ou constructeurs d'équipements, le signal de base de temps peut aussi être transmis à plusieurs autres interfaces physiques (par exemple pour signal au débit primaire de 1544 kbits, 1 MHz, 5 MHz ou 10 MHz).

#### 5 Utilisation des systèmes à satellites dans un réseau numérique international plésiochrone

Il est recommandé que la liaison fonctionne en mode plésiochrone, avec une source de grande précision ( $1 \times 10^{-11}$ ) pour le rythme du satellite AMRT. Les liaisons internationales par satellite aboutiront à des noeuds de réseau dont le rythme est conforme aux dispositions des Recommandations G.823 et G.824.

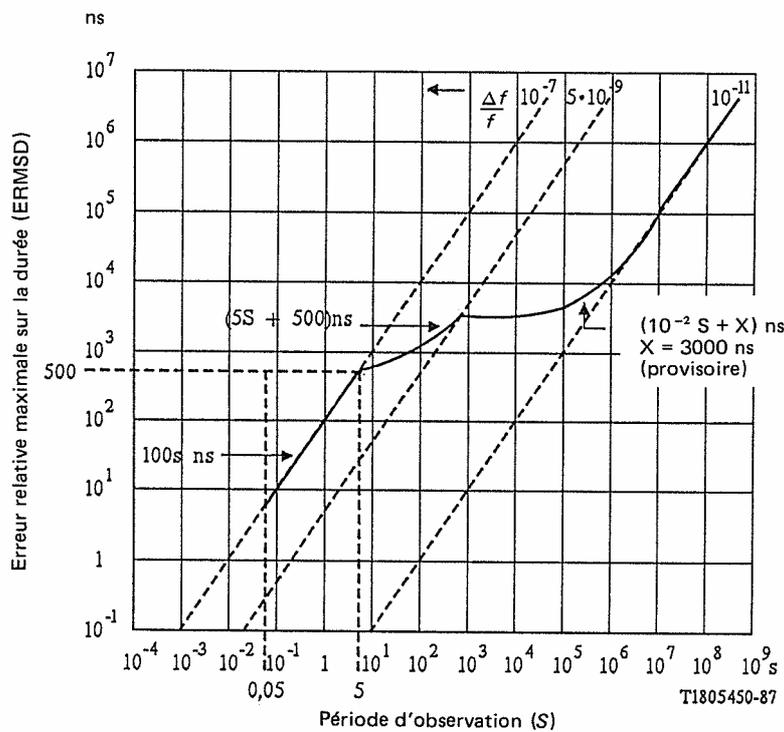


FIGURE 3/G.811

**Erreur relative maximale admissible sur la durée (ERMSD) en fonction de la période d'observation  $S$  pour une horloge de référence**

#### 6 Directives concernant la mesure de la gigue et du dérapage

La vérification de la conformité avec les spécifications de la gigue et du dérapage nécessite des méthodologies de mesure normalisées pour éliminer les ambiguïtés dans les mesures et dans l'interprétation et la comparaison des résultats de mesure. Le supplément n° 3.8 (série O) et le supplément n° 35 (placé à la fin du présent fascicule) contiennent des suggestions quant à la mesure de la gigue et du dérapage.

## ANNEXE A

(à la Recommandation G.811)

### Caractérisation de la stabilité de phase d'une horloge de référence primaire

Le modèle de stabilité de phase décrit ci-après peut être employé pour caractériser les horloges de référence primaires. Soit  $x(t)$  l'erreur sur la durée pour une horloge synchronisée à l'instant  $t = 0$ , et en fonctionnement libre par rapport au Temps Universel Coordonné (UTC) après cet instant;  $x(t)$  peut être défini par:

$$x(t) = y_0 + \left(\frac{D}{2}\right)t^2 + e(t)$$

formule dans laquelle:

$D$  est la dérive de fréquence linéaire normalisée par unité de temps (vieillessement);

$y_0$  est l'écart de fréquence initial par rapport à l'UTC;

$e(t)$  est la composante d'erreur aléatoire.

L'évaluation de l'écart type de  $x(t)$  peut être obtenue et utilisée pour caractériser l'instabilité de phase:

$$\sigma_x(t) = \left(\frac{D}{2}\right)t^2 + t\sqrt{\sigma_{y_0}^2 + \sigma_y^2(\tau=t)}$$

formule dans laquelle:

$\sigma_y^2$  est la variance à deux échantillons, dite variance d'Allan, de l'écart de fréquence nommé, instantané initial;

$\sigma_y^2(\tau)$  est la variance qui décrit l'instabilité de fréquence de l'horloge sur le temps  $\tau$ .





## 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