

VOEU UIT-R 94*

**TRANSFERT DE SIGNAUX HORAIRES ET DE FRÉQUENCES ÉTALON
VIA DES RÉSEAUX DE TÉLÉCOMMUNICATION NUMÉRIQUES**

(Question UIT-R 207/7)

(1995)

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

- a) que les Recommandations UIT-T G.707, UIT-T G.708 et UIT-T G.709 définissent les débits binaires, la structure de trame et le formatage d'une hiérarchie numérique synchrone (HNS);
- b) que les lignes de transmission à fibre optique et la HNS peuvent permettre de diffuser des signaux horaires et des fréquences étalon avec une très grande exactitude et une très grande précision;
- c) que les lignes de transmission à fibre optique desserviront directement installations industrielles, bureaux et autres utilisateurs finals et constitueront ainsi une importante source d'information sur les fréquences et, si elles sont convenablement mises en œuvre, sur les signaux horaires;
- d) que le transfert de signaux horaires entre des éléments de réseau ne pourra se faire sans messages de synchronisation;
- e) qu'il faut mesurer les temps de propagation des signaux entre les éléments de réseau pour assurer un transfert précis des signaux horaires entre ces mêmes éléments;
- f) qu'il faut inclure la qualité de l'information de temps transférée;
- g) que le maintien d'une référence de temps précise dans les éléments de réseau facilitera la détection des anomalies et leur correction dans le réseau;
- h) que le format normal de transmission de données suivant la HNS comprend des bits de préambule pouvant être utilisés pour transmettre des informations additionnelles permettant de prendre en charge des opérations réseau;
- j) que certains de ces bits de préambule pourraient servir à l'acheminement d'informations de temps, et notamment de la date et de l'heure courantes,

émet le Vœu

1. qu'un nombre suffisant de bits de préambule soit réservé dans les niveaux appropriés du format HNS pour permettre de procéder aussi bien à un transfert unidirectionnel qu'à un échange bidirectionnel de signaux horaires, avec une exactitude de 1 ns ou la plus élevée possible, entre les éléments de réseau;
2. que les techniques de transfert de signaux horaires et de fréquences étalon présentées à l'Annexe 1 soient prises en considération dans la conception et la définition de réseaux de télécommunication numériques.

ANNEXE 1

**Configurations et interfaces applicables au transfert de signaux horaires
et de fréquences étalon via des réseaux de télécommunication**

Dans les paragraphes ci-dessous sont exposées certaines idées préliminaires du Groupe de travail 7A des radiocommunications concernant de possibles méthodes, configurations de réseau et interfaces qui pourraient faciliter l'emploi de réseaux de ce type pour transférer des signaux horaires et des fréquences étalon à un large éventail d'utilisateurs potentiels.

* Ce Vœu doit être porté à l'attention du Secteur de la normalisation des télécommunications (UIT-T).

1. Généralités

Les réseaux de télécommunication sont adaptés au transfert de signaux horaires et de fréquences étalon et peuvent être utilisés en lieu et place de moyens de diffusion classiques (LORAN-C, GPS, GLONASS) et de systèmes de transfert de signaux horaires utilisant des satellites stationnaires (INTELSAT).

Les Recommandations UIT-T permettent d'établir, pour le transfert des signaux horaires et des fréquences étalon sur des réseaux de télécommunication, des configurations et des interfaces système normalisées; les Recommandations UIT-T G.707 et UIT-T G.708 définissent ainsi respectivement les débits binaires de la hiérarchie numérique synchrone (HNS) et l'interface de nœud de réseau (INR).

La présente Annexe fournit des informations, fixe des orientations et précise des impératifs à propos du transfert de signaux horaires et de fréquences étalon sur des réseaux de télécommunication numériques.

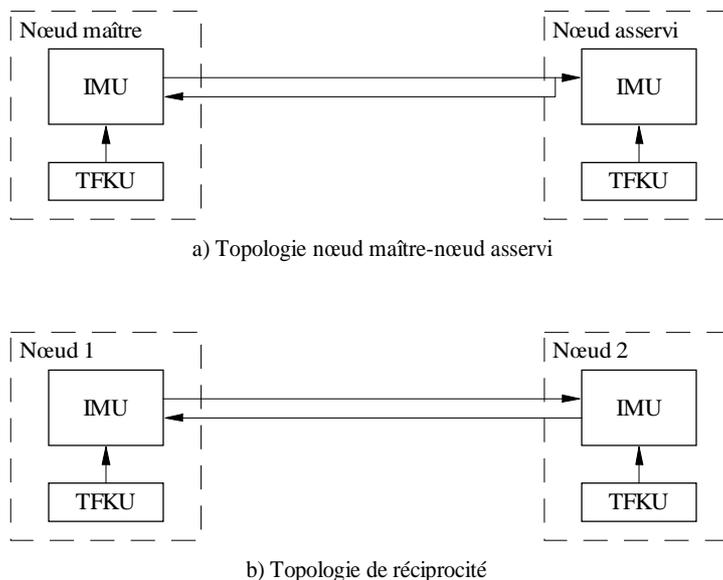
2. Méthode de transfert

Signaux horaires et fréquences étalon sont transférés via un support spécial entre deux nœuds, pourvus l'un et l'autre d'une unité de garde du temps et de la fréquence (time and frequency keeping unit (TFKU)). La présence des données d'implantation de la TFKU n'est pas nécessaire, mais les temps de propagation et les écarts de propagation des supports doivent pouvoir être évalués avec précision; c'est pourquoi le transfert de signaux horaires et de fréquences étalon sur des réseaux de télécommunication utilise une liaison bidirectionnelle comprenant une voie entrante et une voie sortante composées du même support. La différence des temps de propagation entre les voies sortante et entrante entraîne des erreurs dans le transfert des signaux de temps et de fréquence.

Comme l'indique la Fig. 1, il existe deux topologies de base du transfert des signaux horaires et des fréquences étalon.

FIGURE 1

Transfert de signaux horaires et de fréquences étalon Topologie de base



TFKU: unité de garde du temps et de la fréquence

IMU: unité d'interface et de mesure

2.1 *Topologie nœud maître-nœud asservi*

C'est toujours le même nœud qui reçoit le signal de temps et de fréquence; il est donc appelé nœud asservi. L'autre nœud est appelé nœud maître, indépendamment du fait qu'il soit ou non à l'origine du signal de temps et de fréquence. Ce nœud maître mesure l'écart de propagation se produisant sur les voies sortante et entrante pendant un cycle complet et gère les données de propagation. Le signal de temps et de fréquence est compensé par les données de propagation et envoyé du nœud maître au nœud asservi; ou bien, il est d'abord envoyé au nœud asservi, puis compensé au niveau de ce dernier par les données de propagation transférées du nœud maître. Le signal de temps et de fréquence est acheminé par les données de propagation qui sont calculées suivant l'équation suivante:

$$T_d = T_{rd} / 2 \quad (1)$$

où:

T_d : données de propagation

T_{rd} : retard de propagation sur un cycle entier.

2.2 *Topologie de réciprocité*

L'un et l'autre nœuds envoient et reçoivent le signal de temps et de fréquence. Le retard de propagation est imputable aux voies sortante et entrante et est mesuré aux deux nœuds en comparant les signaux de temps et de fréquence générés à chaque nœud. Les résultats des mesures sont échangés et permettent de calculer l'écart de rythme entre les deux nœuds.

$$T_{12} = \frac{1}{2} (T_{d1} - T_{d2}) \quad (2)$$

où:

T_{12} : différence temporelle entre deux unités TFKU

T_{d1} : différence temporelle, mesurée au nœud 1, entre le signal de temps et de fréquence envoyé depuis le nœud 2 et le signal de temps et de fréquence généré au nœud 1

T_{d2} : différence temporelle, mesurée au nœud 2, entre le signal de temps et de fréquence envoyé depuis le nœud 1 et le signal de temps et de fréquence généré au nœud 2.

La topologie de réciprocité peut être utilisée entre deux nœuds quelconques indépendamment de leur hiérarchie. Chaque nœud mesure la différence temporelle entre d'autres nœuds et ne compense pas le signal de temps et de fréquence.

3. **Configuration du système**

Les topologies présentées ci-dessus peuvent être mises en œuvre de trois façons différentes, comme l'indique la Fig. 2. La voie définie dans la topologie est construite à partir d'éléments du réseau: un élément du réseau relie deux emplacements, géographiquement séparés, et assure les interfaces tant des réseaux que des nœuds, ainsi que des unités TFKU. L'interface accepte deux signaux: un signal de temps et de fréquence comprenant un repère de temps, des informations temporelles et des données de propagation, et un signal de données comprenant, en plus de données générales, des données sur les écarts temporels.

3.1 *Configuration unidirectionnelle*

Les nœuds asservis reçoivent le signal de temps et de fréquence généré à un nœud de référence. Le signal de données peut ne pas être exigé. Les temps et fréquences spécifiés dépendent de ceux du nœud de référence.

3.2 *Configuration bidirectionnelle*

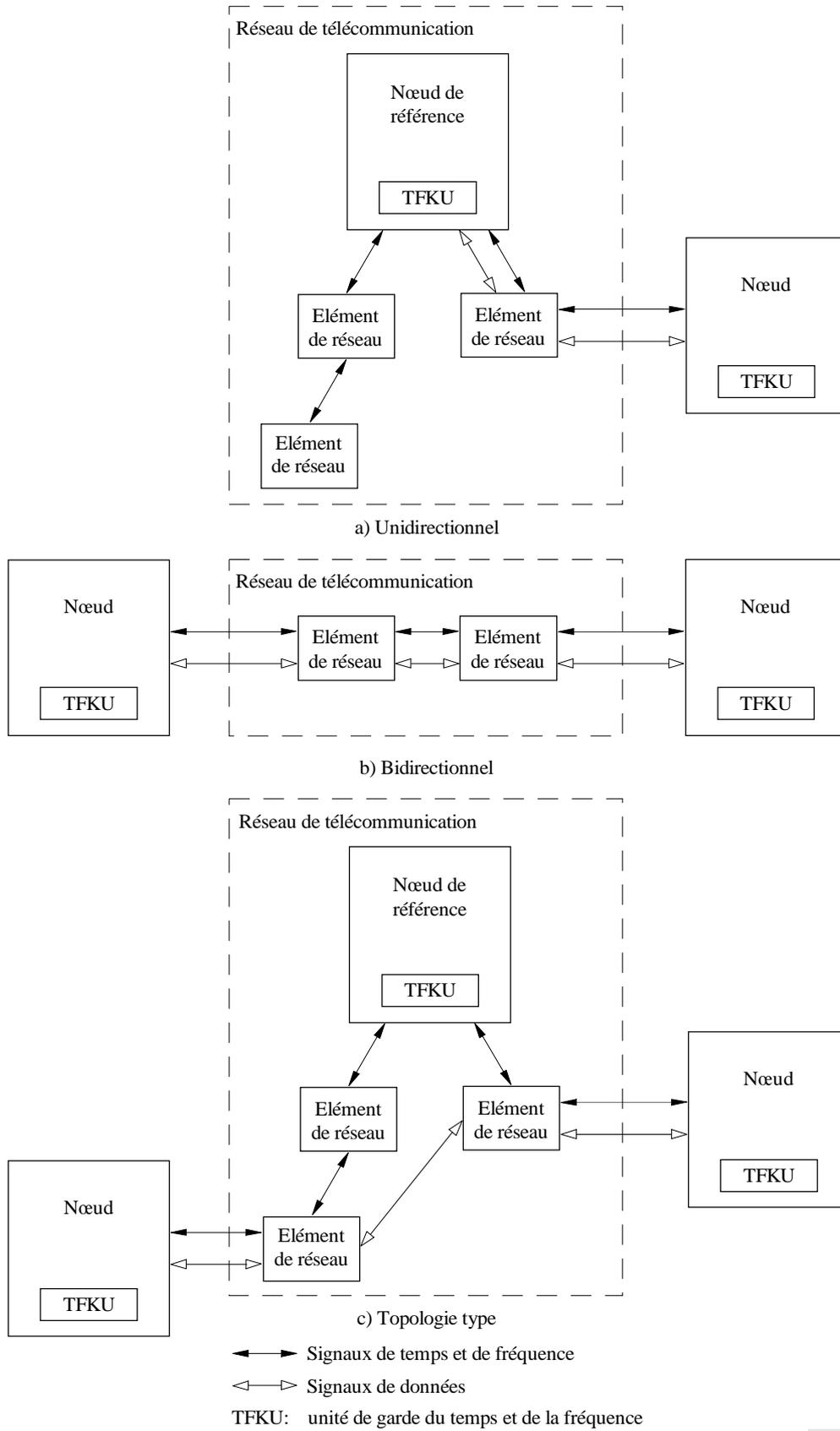
Dans la topologie de réciprocité, les nœuds peuvent échanger des signaux de temps et de fréquence générés par leur unité TFKU. Le réseau doit être pourvu de nœuds disposant d'un accès à l'interface utilisé par le nœud de référence.

3.3 *Configuration type*

Tous les nœuds, agissant comme des nœuds asservis, reçoivent d'abord le même signal de temps et de fréquence généré au nœud de référence; ils échangent ensuite des signaux de données pour calculer la différence temporelle existant entre eux dans la topologie de réciprocité. L'erreur de temps et de fréquence de l'unité TFKU du nœud de référence est supprimée dans les nœuds par suite de l'observation simultanée de la source commune.

FIGURE 2

Catégorie de base pour le transfert de signaux de temps et de fréquences étalon

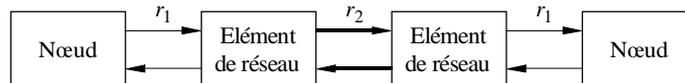


4. Spécifications physiques

4.1 Débits binaires

Cette Recommandation devrait fixer les débits binaires des voies entre les éléments de réseau et les nœuds (débit binaire r_1 dans la Fig. 3) et des voies entre éléments de réseau (débit binaire r_2 dans la Fig. 3). Des débits binaires admissibles de voies sont indiqués au Tableau 1. Les débits binaires sont recommandés dans la Recommandation UIT-T G.707.

FIGURE 3
Configuration des voies de transmission
et niveau de la hiérarchie numérique synchrone



Il est possible de sélectionner dans le Tableau 1 les débits binaires de r_1 et de r_2 , qui est supérieur ou égal à r_1 .

D03

TABLEAU 1
Débits binaires de la hiérarchie numérique synchrone

Niveau de la hiérarchie numérique synchrone	Débits binaires hiérarchiques (kbit/s)
1 (STM-1)	155 520
4 (STM-4)	622 080
16 (STM-16)	2 488 320
64 (STM-64) ⁽¹⁾	9 953 280

⁽¹⁾ Ce niveau doit faire l'objet d'une étude ultérieure.

4.2 Format de trame

Le format de trame, fondé sur le niveau STM- N de la hiérarchie numérique synchrone, est conforme aux dispositions de la Recommandation UIT-T G.708. Ce format de trame STM- N , présenté à la Fig. 4a), permet aux éléments de réseau et aux nœuds d'assurer une excellente communication d'ensemble; en outre, l'utilisation du préfixe de section (SOH) offre un autre avantage: il est en effet possible d'utiliser la zone de charge utile STM- N pour des services RNIS-LB en même temps qu'est exécutée, en tant que communication d'arrière-plan, l'application de transfert des signaux horaires et de fréquences étalon. Le MSOH, correspondant aux 5 octets inférieurs des neuf rangées du SOH (voir la Fig. 4b)), est adapté au transfert de signaux horaires et de fréquences étalon car il peut être transmis jusqu'à l'élément de réseau opposé si cet élément peut recevoir le MSOH et si ce dernier n'aboutit pas à des dispositifs tels que des répéteurs implantés dans la voie reliant entre eux les différents éléments de réseau.

4.3 Octets nécessaires au transfert des signaux de temps et de fréquence

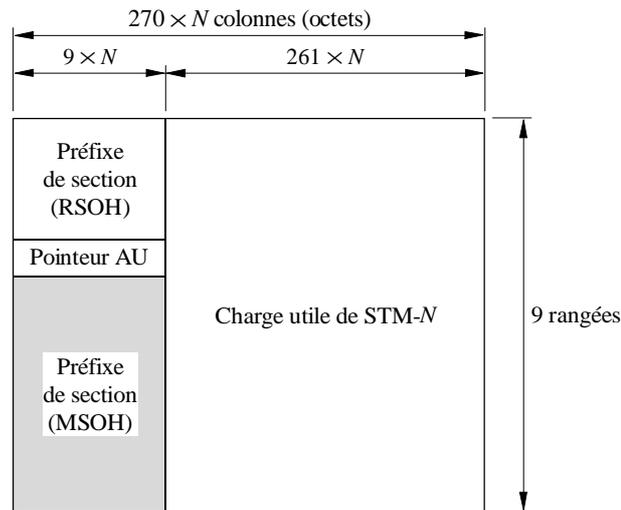
La question de savoir quel octet est adapté à la transmission des informations de temps et de fréquence reste à étudier. Les octets possibles, ombrés dans la Fig. 4b), ne sont aucunement définis à l'UIT-T.

4.4 Format multitrame

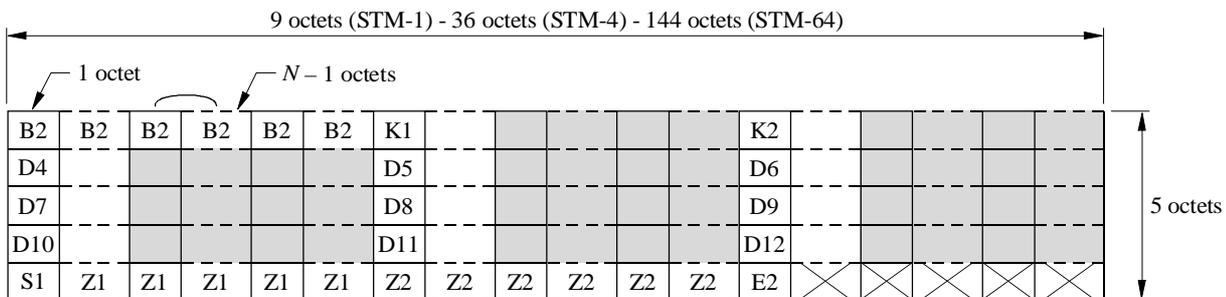
Comme la période de la trame STM- N est de 8 kHz, il conviendrait de définir une multitrame dans les octets mentionnés au § 4.3 pour transmettre un deuxième signal. Une étude ultérieure devra être consacrée à la question du format multitrame.

FIGURE 4

Format de trame STM-N et mappage des octets MSOH



a) Format de trame STM-N



b) MSOH dans STM-N

D04

5. Exemples

La Fig. 5 donne des exemples de la configuration de transfert de signaux horaires et de fréquences étalon. Les éléments de réseau directement reliés aux nœuds sont les multiplexeurs/démultiplexeurs fondés sur les dispositions de la Recommandation UIT-T G.709.

5.1 Exemple type

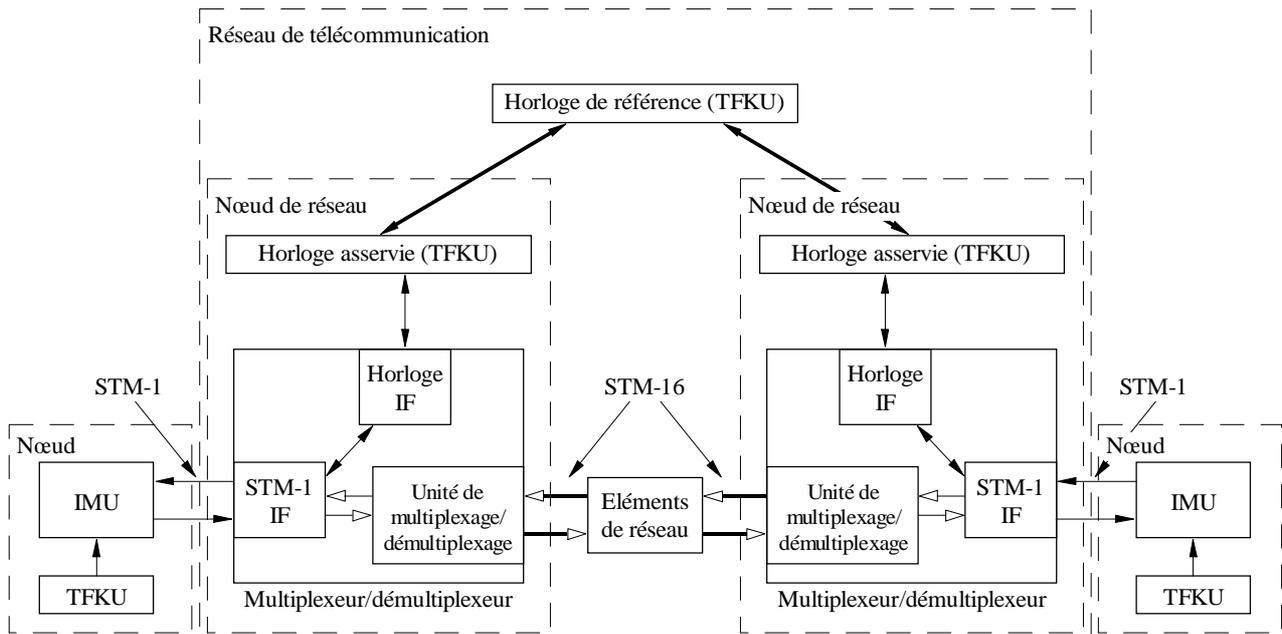
Dans l'exemple type présenté à la Fig. 5a), le signal de temps et de fréquence est généré par l'unité TFKU centrale, appelée à l'UIT-T horloge de référence, puis transmis à des multiplexeurs/démultiplexeurs par l'intermédiaire d'autres unités TFKU, appelées à l'UIT-T horloges asservies. Ce signal est immédiatement transféré depuis l'horloge asservie, et par l'intermédiaire de l'horloge IF et de l'unité STM-1 IF, aux unités TFKU implantées dans les nœuds raccordés. Chaque multiplexeur/démultiplexeur ajoute des signaux STM-1 généraux au STM-16 d'où il les élimine et ajoute en outre au STM-1 le signal de temps et de fréquence.

5.2 Exemple bidirectionnel

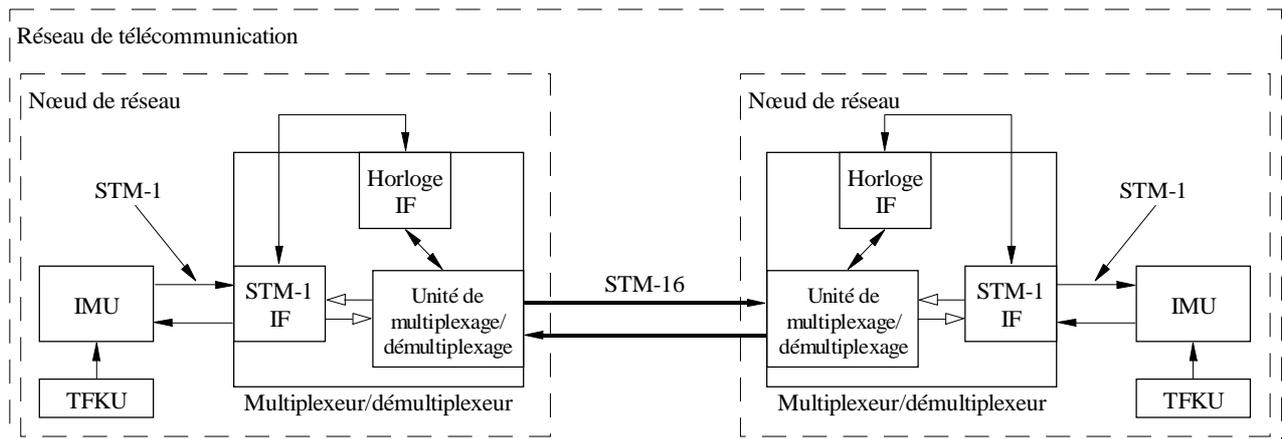
La Fig. 5b) présente l'exemple bidirectionnel. Chaque multiplexeur/démultiplexeur ajoute, à côté des signaux généraux STM-1, les signaux de temps et de fréquence et les élimine du STM-16, laissant les signaux généraux MTS-1. L'information imposée au MSOH décrit au § 4.2 aboutit à l'extrémité d'une section, ce qui fait que l'information MSOH ne peut être transmise qu'entre multiplexeurs/démultiplexeurs et entre le multiplexeur/démultiplexeur et le nœud. L'information MSOH dans STM-1 ne peut généralement pas être transportée au MSOH du STM-16, pas plus que

l'information MSOH du STM-16 ne peut être transportée au MSOH du STM-1. Dans cet exemple, le système de temps et de fréquence généré par l'unité TFKU est extrait du STM-1 IF, transféré à l'unité de multiplexage/démultiplexage via l'horloge IF, puis imposé au MSOH du STM-16. Dans l'autre nœud du réseau, le signal de temps et de fréquence est extrait de l'unité de multiplexage/démultiplexage, transféré au MTS-1 IF via l'horloge IF, puis à nouveau imposé au MSOH du STM-1 IF. Le signal de temps et de fréquence peut donc être directement transféré à l'autre nœud grâce à cette configuration.

FIGURE 5
Exemples de configuration de transfert de signaux horaires et de fréquences étalon, exécuté par des systèmes de ligne STM-16 et par des systèmes locaux STM-1



a) Exemple type



b) Exemple bidirectionnel

- ↔ Signal de temps et de fréquence
- ◁▷ Signal de données
- ↔ Signal de temps et de fréquence et de données
- TFKU: unité de garde du temps et de la fréquence
- IMU: unité d'interface et de mesure

Dans cet exemple, il n'existe aucun élément de réseau (par exemple multiplexeurs/démultiplexeurs) entre les nœuds du réseau. Le signal STM-16 peut être transmis via d'autres multiplexeurs/démultiplexeurs si l'horloge originelle du STM-16 n'est pas modifiée; à cause d'une asymétrie des temps de transmission, les signaux de temps et de fréquence risquent toutefois de ne plus être exempts d'erreurs.

Dans cet exemple, l'unité TFKU est implantée dans le nœud du réseau, tout comme le multiplexeur/démultiplexeur. Il est toutefois possible d'utiliser un système de ligne d'abonné pour relier l'unité TFKU au multiplexeur/démultiplexeur si l'unité TFKU est implantée dans un nœud différent du nœud du réseau.

6. Spécifications de fonctionnement: directives

Les spécifications relatives aux erreurs pouvant affecter, par exemple, la stabilité et l'exactitude des signaux de temps et de fréquence devant être approfondies, ce paragraphe fera l'objet d'une étude ultérieure.

7. Documents importants

Les Recommandations UIT-T importantes liées au présent Vœu sont les suivantes:

- «Débits binaires de la hiérarchie numérique synchrone», UIT-T G.707;
 - «Interface de nœud de réseau pour la hiérarchie numérique synchrone», UIT-T G.708;
 - «Structure de multiplexage synchrone», UIT-T G.709;
 - «Considérations sur les problèmes de temps-fréquence et de synchronisation», UIT-T G.810;
 - «Conditions sur le rythme de sortie des horloges de référence primaires destinées à l'exploitation en mode plésiochrone de liaisons numériques internationales», UIT-T G.811;
 - «Conditions sur le rythme de sortie des horloges asservies destinées à l'exploitation en mode plésiochrone de liaisons numériques internationales», UIT-T G.812;
 - «Régulation de la gigue et du dérapage dans les réseaux numériques fondés sur la hiérarchie à 2 048 kbit/s», UIT-T G.823;
 - «Régulation de la gigue et du dérapage dans les réseaux numériques fondés sur la hiérarchie à 1 544 kbit/s», UIT-T G.824;
 - «Timing characteristics of slave clocks suitable for operation of SDH equipment», (projet de Recommandation UIT-T G.81s).
-