



Le Réseau Sémaphore Numéro 7 : Principes, Architecture et Protocoles

Simon ZNATY
EFORT
<http://www.efort.com>

1. Introduction

Parallèlement à la numérisation du réseau téléphonique commuté, la nécessité d'améliorer la rapidité des échanges de signalisation a été ressentie.

De nouveaux services comme le transfert d'appel ont été ouverts. Ils peuvent nécessiter un échange de signalisation sans établissement réel d'un circuit de communication. Il a donc fallu séparer la signalisation de la transmission et faire transiter cette signalisation sur des liaisons spécifiques. C'est la signalisation par canal sémaphore (CCS, Common Channel Signaling).

La signalisation par canal sémaphore est une méthode dans laquelle le canal sémaphore (SL, Signaling Link) achemine sous la forme de trames sémaphores, l'information de signalisation se rapportant à des circuits ou à des messages de gestion et de supervision.

L'ensemble des canaux sémaphores forme un réseau spécialisé dans le transfert de la signalisation, appelé SS7 (Signaling System 7). Ce réseau sémaphore numéro 7 fonctionne suivant le principe de la commutation de paquets. Il possède des routeurs de paquets appelés points de transfert sémaphore (STP, Signaling Transfer Point) et des équipements terminaux qui sont des centraux téléphoniques, des serveurs et des bases de données. Les équipements terminaux sont appelés des points sémaphores (SP, Signaling Point). Grâce au réseau sémaphore, deux centraux peuvent s'échanger à tout moment des messages de signalisation indépendamment des circuits établis entre eux. Par ailleurs, les échanges entre les éléments SSP (Service Switching Point) et SCP (Service Control Point) du réseau intelligent transitent eux aussi à travers le réseau sémaphore.

Le Réseau Sémaphore n°7 (SS7) a donc pour but d'acheminer des informations de contrôle entre les éléments d'un réseau de télécommunication, tels que les centraux téléphoniques, les bases de données et les serveurs. Le réseau sémaphore n°7 est la clé pour l'introduction de services à valeur ajoutée.

Cet article présente les différents aspects du réseau sémaphore N°7. Le chapitre 2 présente la structure d'un réseau sémaphore à travers ses modes de configuration, ses nœuds et ses liens. Le chapitre 3 introduit la pile de protocole SS7 alors que le chapitre 4 met l'accent sur les couches basses de cette pile. La couche liaison de données MTP niveau 2 est décrite dans le chapitre 5. La couche réseau MTP niveau 3 fait l'objet du chapitre 6. Le chapitre 7 détaille le protocole SCCP. Le protocole ISUP est introduit au chapitre 8. Enfin le chapitre 9 traite du protocole TCAP.

2. Structure d'un réseau sémaphore

2.1. Modes sémaphores

Il existe trois modes sémaphores pouvant être utilisés. Ces trois modes dépendent de la relation entre le canal et l'entité qu'il sert.

2.1.1. Mode associé

Le mode le plus simple est appelé *mode associé*. Dans ce mode, le canal sémaphore est parallèle au circuit de parole pour lequel il permet l'échange de signalisation (Figure 1). Il est

forcément établi entre deux points sémaphores (SP, Signaling Point). Ce mode n'est bien sur pas idéal car il requiert un canal sémaphore entre un SP donné et tous les autres SPs. Les messages de signalisation suivent alors la même route que la voix mais sur des supports différents.

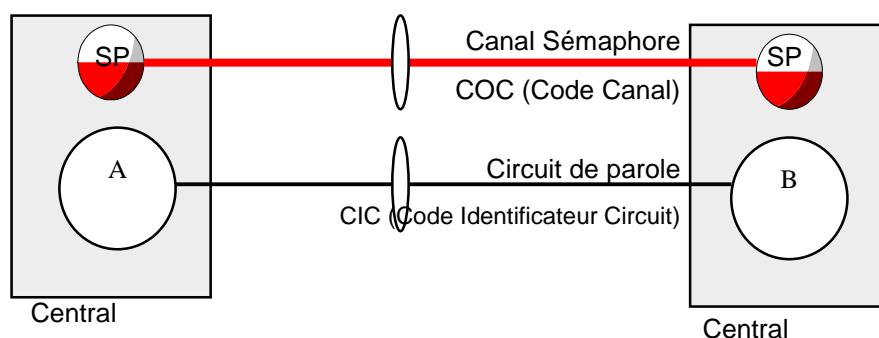


Figure 1 : Le mode associé

2.1.2. Mode non associé

Le mode non associé utilise un chemin différent de celui de la voix. Un grand nombre de nœuds intermédiaires, à savoir les points de transfert sémaphores (STP, Signaling Transfer Point), est impliqué dans l'acheminement des messages de signalisation. Les STPs sont utilisés afin de router les données de signalisation entre SPs. Par ailleurs, les messages à destination d'un point sémaphore peuvent emprunter des routes différentes ; le fonctionnement du mode non associé est similaire à celui du protocole IP.

2.1.3. Mode quasi-associé

Le mode quasi-associé ressemble au mode non associé mais un nombre minimum (au maximum 2) de STP est traversé pour atteindre la destination finale. C'est le mode le plus utilisé afin de minimiser le temps nécessaire à l'acheminement du message. Par ailleurs, les messages acheminés vers une destination donnée empruntent tous la même route. Un exemple de mode quasi-associé est présenté à la figure 2. Les messages de signalisation associés à l'établissement des circuits de parole entre les commutateurs A et B suivent le chemin A-C-B. Le STP C relaie les messages émis par le SP A au SP B.

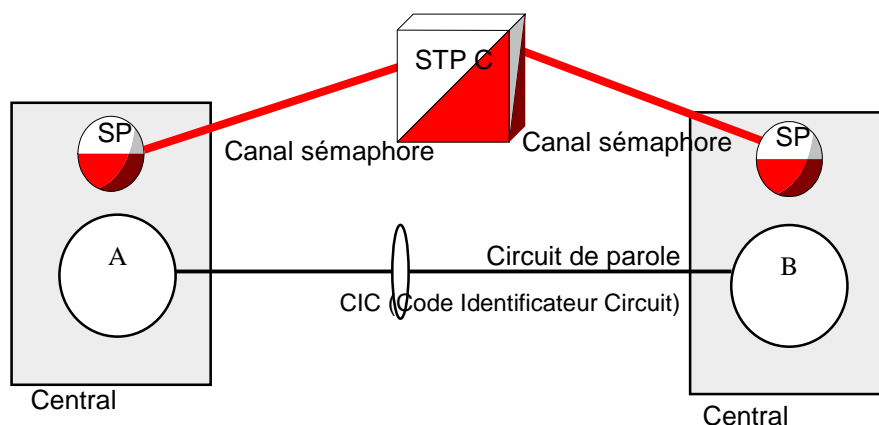


Figure 2 : Le Mode quasi-associé

2.2. Point de transfert sémaphore

Tous les messages ou paquets contenant des données de signalisation sont émis d'un SP à un autre SP et transitent à travers des points de transfert sémaphores (STP, Signaling Transfer Point) qui peuvent être considérés comme les routeurs du réseau sémaphore. Les messages ne sont généralement pas générés par le STP lui-même. Le point STP achemine les messages reçus des points SPs origine aux points SPs destination. Il existe des STPs



qui jouent le rôle à la fois de SP et de STP (on parle alors de STP intégré) ; il existe par ailleurs des STPs qui ne jouent que ce rôle de STP (appelés STPs autonomes). Peu de constructeurs mettent en œuvre des STPs autonomes.

Il existe trois types de STPs indépendamment de leur nature intégrée ou autonome:

- *Le STP national* est présent au sein d'un réseau sémaphore national et peut relayer des messages en utilisant le protocole national. Par contre, Il ne dispose pas de fonction de traduction du protocole national en un autre protocole; cela devient nécessaire lorsque le message est destiné à un SP d'un autre réseau sémaphore et que ce dernier utilise un format de message différent. Ce cas se présente pour le relayage d'un message sémaphore d'un STP français à un STP américain. Les messages acheminés par le STP français contiennent des adresses de SP sur 14 bits alors que le STP américain traite des messages de signalisation avec des adresses sur 24 bits. Les convertisseurs de protocole national / international ne sont présents que dans les points STP internationaux; ces derniers traduisent un protocole de signalisation national en un protocole international. Le standard international a été défini par l'ITU-T. Un exemple de standard national est celui défini par l'ANSI pour les Etats-Unis.
- *Le STP international* fonctionne de la même manière qu'un STP national. Par contre il n'est utilisé qu'au sein d'un réseau sémaphore international. Ce réseau interconnecte tous les pays en utilisant les protocoles sémaphores définis par l'ITU-T. Cela garantit l'interopérabilité entre réseaux sémaphores en dépit des différences au niveau des formats d'adresses et des messages de gestion par exemple définis par chaque pays.
- *Le STP passerelle* permet de traduire un protocole national en le protocole international (comme le STP international) ou encore un protocole national en un autre protocole. Ce type de STP est utilisé en particulier dans les réseaux cellulaires. Dans ces derniers, les commutateurs mobiles (MSC, Mobile Switching Center) s'interfaçent aux bases de données, et notamment la HLR (Home Location Register) à travers le réseau X.25. Le réseau X.25 est utilisé comme réseau privé et ne permet pas l'accès aux réseaux cellulaires d'autres opérateurs. Par ailleurs le protocole X.25 fonctionne en mode connecté alors que la couche 3 du réseau sémaphore opère en mode non connecté. C'est la raison pour laquelle la majorité des opérateurs de réseaux cellulaires intègrent des STPs passerelle pour l'utilisation du réseau sémaphore entre MSCs et bases de données. Les MSCs utilisent le réseau sémaphore alors que le STP passerelle s'interface avec la base de donnée à travers X.25.

Dans le réseau sémaphore, le STP reçoit des messages des SPs sous la forme de paquets. Ces paquets contiennent des requêtes soit relatives à l'établissement / libération de la connexion, soit relatives à des transactions de base de données. Si la requête concerne l'établissement d'une connexion (circuit de parole), elle doit être relayée au SP suivant (commutateur) sur la route qui relie l'appelant à l'appelé. Ce dernier est identifié par le numéro composé par l'appelant. Si la requête est une transaction, par exemple la recherche d'un numéro physique correspondant au numéro vert passé en paramètre dans la transaction, alors le destinataire de la requête est une base de données.

2.3. Canaux sémaphores

Un canal sémaphore est un support bidirectionnel qui permet le transport fiable de messages sémaphores entre deux *points sémaphores* directement reliés. Les extrémités des canaux sémaphores implantent les fonctions du *niveau 2*.

Les canaux sémaphores fonctionnent à 56 kbits/s aux Etats-Unis et à 64 kbits/s dans pratiquement le reste du monde. Un canal sémaphore est un support bidirectionnel qui permet le transport fiable de trames sémaphores entre entités sémaphores adjacentes.

Les canaux sémaphores sont labellisés à partir de leur fonction dans le réseau sémaphore. Il n'existe aucune différence entre les différents types de canaux.

Il existe six différents types de canaux sémaphores dans un réseau sémaphore (Figure 3):

- Des canaux de types A (Access Link) reliant des SPs à des STPs,
- des canaux de type B (Bridge Link) reliant des STPs de différentes régions entre eux,
- des canaux de type C (Cross Link) reliant une paire de STPs de même région,
- des canaux de type D (Diagonal Link) reliant des STPs d'un niveau donné (e.g., local, régional) à des STPs de niveau supérieur (e.g., régional, national),
- des canaux de type E (Extended Link) reliant un SP d'une région donnée à un STP d'une autre région,
- des canaux de type F (Full-associated Link) reliant des SPs directement entre eux, i.e., en mode associé.

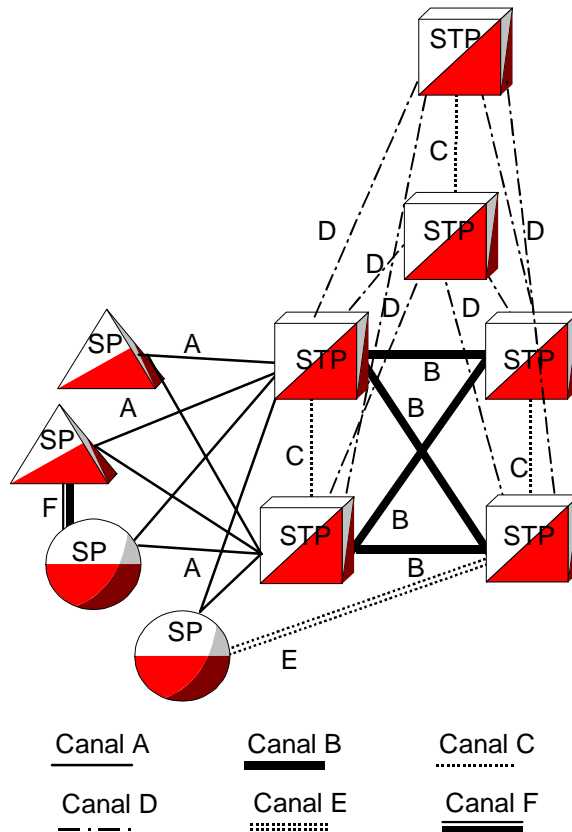


Figure 3: Canaux Sémaphores

2.4. Faisceau sémaphore

Les canaux sémaphores sont placés dans des groupes, appelés faisceaux sémaphores (linkset). Tous les canaux dans le même faisceau doivent avoir le même nœud adjacent (Figure 4). Deux SPs ou deux STPs peuvent être reliés entre eux à travers un faisceau sémaphore contenant jusqu'à 8 canaux sémaphores. Un SP et un STP ou un STP et un SP peuvent être liés entre eux à travers un faisceau sémaphore dont le nombre maximum de canaux sémaphores est 16.

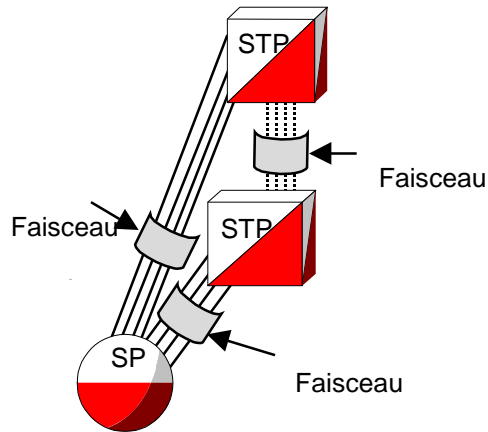


Figure 4 : Faisceau sémaphore

2.5. Performance des canaux sémaphores

Les canaux sémaphores doivent être disponibles en permanence pour prendre en charge le trafic de signalisation. Lorsqu'un canal chute, les autres canaux du même faisceau doivent prendre en charge son trafic. Aussi, lorsqu'un STP chute, l'autre STP de la paire doit traiter le trafic dérivé. Un canal peut donc soudainement avoir à traiter en situation anormale plus de trafic qu'en situation normale. Pour cette raison, un canal sémaphore ne peut pas utiliser en situation normale plus de 40% de son débit nominal (maximum). Lorsqu'un canal chute, son trafic est alors renvoyé vers un autre canal qui sera utilisé à 80% au maximum de son débit nominal. Les 20% restants sont utilisés afin de transporter des messages de gestion. Un message ISUP ayant une taille moyenne de 40 octets, un canal sémaphore de débit nominal 64 kbit/s peut transporter au maximum 80 messages ISUP $((64000/8)/40) \cdot (40/100)$ en situation normale et 160 messages ISUP s'il prend en charge le trafic d'un autre canal qui a chuté.

3. La pile de protocole SS7

La structuration du réseau SS7 en couche a été influencée par le modèle OSI (Open Systems Interconnection).

SS7 est divisé en quatre niveaux représentés à la figure 5 (le terme niveau est utilisé afin de le différencier du concept de couche OSI) :

- Niveau 1 : physique
- Niveau 2 : liaison de données
- Niveau 3 : réseau
- Niveau 4 : partie(s) utilisateur.

Les niveaux 1 à 3 prennent en charge le transfert de messages de signalisation entre nœuds du réseau SS7, et ce, de façon fiable. Ils fournissent par ailleurs l'ensemble des fonctions nécessaires afin de gérer le réseau. Les niveaux 1 à 3 sont appelés sous-système de transfert de message (*MTP*, Message Transfer Part) de SS7.

Le niveau 4 concerne les services de signalisation. Plusieurs blocs fonctionnels au niveau 4 représentant des applications spécifiques utilisent les services de MTP. Puisque ces blocs fonctionnels sont des utilisateurs de MTP, ils sont référencés comme parties utilisateur. Plusieurs parties utilisateur peuvent exister simultanément au niveau 4. Des exemples de parties utilisateur sont ISUP (ISDN user part) et TCAP (Transaction Capability Application Part). *ISUP* offre le service de base d'établissement et de libération de circuits ainsi que des services complémentaires (identification de la ligne appelante, renvoi d'appel sur occupation, renvoi d'appel sur non-réponse, renvoi d'appel inconditionnel, etc.).

TCAP offre les services d'invocation à distance. Un exemple d'invocation est l'interrogation d'une base de données de numéro vert afin d'obtenir la traduction entre un numéro vert et le numéro physique correspondant (service libre appel).

Différentes applications utilisent les services de TCAP. Parmi celles-ci, figurent les suivantes:

- *INAP* (Intelligent Network Application Part) est le protocole permettant l'exécution de services à valeur ajoutée (numéro vert, réseau privé virtuel, carte prépayée, etc.)
- *MAP* (Mobile Application Part) offre le service de mobilité du terminal ainsi que des services complémentaires.
- *OMAP* (Operation Maintenance and Administration Part) offre un service de gestion du réseau sémaphore N°7.

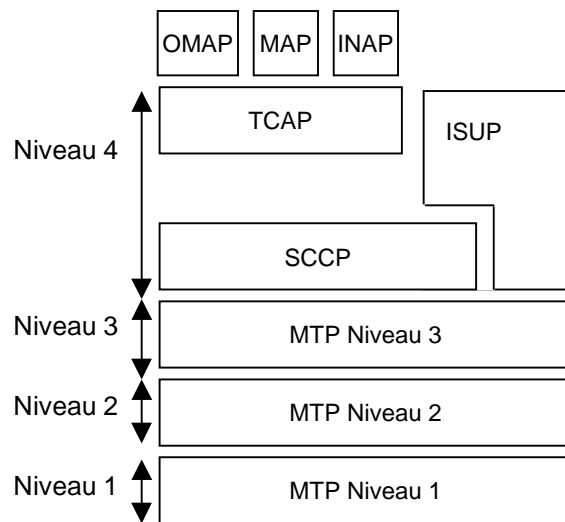


Figure 5 : Pile de protocole SS7

SCCP (Signaling Connection Control Part) est aussi un utilisateur de MTP. SCCP peut être considéré comme un enrichissement de MTP. Il fournit avec MTP les fonctionnalités offertes par les trois couches basses du modèle de référence OSI. SCCP, à son tour, sert des utilisateurs du niveau 4, e.g., TCAP. ISUP peut être un utilisateur de SCCP ou directement un utilisateur de MTP.

La pile SS7 complète est mise en œuvre dans les SPs. Par contre les STPs n'implémentent que la partie MTP et éventuellement la partie SCCP.

4. Message Transfer Part : MTP

MTP est constitué de trois entités situées aux couches 1, 2 et 3 de la pile de protocole SS7. Les principales fonctions de ces entités sont présentées ci-dessous.

MTP niveau 1 (MTP1) est la liaison sémaphore de données (SDL, Signaling Data Link) qui consiste en une paire de canaux de transmission numérique opérant à 64 kbits/s, et qui transporte les unités de données SS7 entre deux points sémaphores (Figure 6). Plusieurs supports physiques peuvent être considérés (e.g., E1).

MTP niveau 2 (MTP2) concerne la procédure de contrôle de ligne nécessaire afin de fiabiliser la transmission de messages sémaphores et s'appelle un canal sémaphore (SL, Signaling Link).

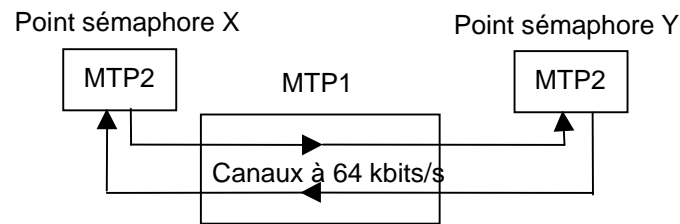


Figure 6: MTP niveau 1

MTP niveau 3 (MTP3) est l'interface entre MTP et les utilisateurs MTP (Protocoles de niveau 4) à un point sémaphore. De plus, MTP3 intègre des procédures afin de rerouter les messages lorsqu'une faute survient dans le réseau sémaphore.

Au niveau d'un point sémaphore sont présents une entité MTP1 et une entité MTP2 par canal sémaphore, et une unique entité MTP3 (Figure 3). Les canaux sémaphores transportent des trames sémaphores de message (MSU, Message signal Unit), des trames sémaphores d'état du canal sémaphore (LSSU, Link Status Signal Unit) et des trames sémaphores de remplissage (FISU, Fill-In Signal Unit).

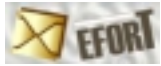
Les LSSUs et les FISUs sont générées au niveau d'une entité MTP2 à une des extrémités du canal sémaphore et terminent au niveau d'une entité MTP2 à l'autre extrémité de ce même canal.

Les messages de signalisation remis par le niveau supérieur (i.e., MTP3) sont transmis sur le canal sémaphore sous la forme de *trames sémaphores* de longueur variable. Ces trames sémaphores contiennent, outre les informations de signalisation, les informations de commande du transport qui assurent le bon fonctionnement du canal sémaphore.

5. MTP Niveau 2

Les fonctions de canal sémaphore comprennent :

- La délimitation des trames sémaphores : Les trames sémaphores étant de longueur variable, il est nécessaire de marquer ou délimiter le début et la fin de chaque trame appartenant au trafic sémaphore. Le début et la fin d'une trame sémaphore sont indiqués par une configuration particulière de 8 bits (01111110) appelée *fanion*. Des dispositions sont prises pour empêcher que cette séquence soit imitée par ailleurs dans la trame.
- L'alignement des trames sémaphores : Un canal sémaphore est considéré aligné si les trames sémaphores sont reçues en séquence, avec un nombre d'octets corrects en fonction du type de trame. Le nombre de bits de la trame doit être multiple de 8. Il y a perte d'alignement lorsqu'une configuration interdite par la procédure de délimitation (plus de six "1" consécutifs) est reçue ou lorsque la longueur d'une trame sémaphore n'est pas comprise entre 6 et 279 octets. Lorsqu'il y a perte d'alignement, les données sont supprimées jusqu'à réception d'une configuration de bits correspondant à un fanion. Le canal sémaphore n'est pas mis hors service tant que le nombre d'erreurs n'a pas excédé un certain seuil. Les détails de cette procédure sont précisés plus loin.
- La détection d'erreurs : La fonction de détection d'erreurs est mise en œuvre au moyen de 16 bits de contrôle placés à la fin de chaque trame sémaphore. Ces bits de contrôle sont générés par l'entité émettrice à partir des bits qui les précèdent dans la trame à l'exception du fanion. A la réception, les bits de contrôle sont recalculés et le résultat est comparé avec les bits de contrôle présents dans la trame. Si il n'y a pas égalité, la présence d'une erreur est indiquée et la trame sémaphore est rejetée. Cette dernière



n'est donc pas passée à la couche MTP 3. Un acquittement négatif est renvoyé à l'entité émettrice.

- La correction d'erreurs : la correction d'erreur est effectuée par retransmission des trames sémaphores en erreur. La trame émise est par ailleurs stockée dans un tampon de retransmission. La trame est conservée jusqu'à la réception de l'accusé de réception positif correspondant qui conduit à sa suppression du tampon.
- L'alignement initial : La procédure d'alignement initial s'applique à la première initialisation d'un canal sémaphore afin de le mettre en service, ainsi que pour le rétablissement d'un canal sémaphore à la suite d'une défaillance. L'alignement initial d'un canal est réalisé indépendamment des autres canaux. C'est la couche MTP 3 qui requiert l'alignement initial d'un canal en émettant une indication "start" à la couche MTP 2. MTP 3 connaît l'état des différents canaux sémaphores qui connectent un point sémaphore. MTP 3 requiert un alignement initial urgent s'il n'existe aucun canal en service entre deux points sémaphores. L'alignement initial normal est demandé lorsqu'il existe au moins un canal sémaphore déjà en service.
- La surveillance du taux d'erreur sur le canal sémaphore : Avec la fonction *surveillance du taux d'erreur sur les trames sémaphores* (SUERM, Signal Unit Error Rate Monitor), chaque trame sémaphore reçue en erreur incrémente le compteur correspondant. Chaque 256^{ème} trame reçue sans erreur décrémente le compteur si le compteur est supérieur à 0. Lorsque le compteur atteint la valeur 64, le canal est mis hors services et la procédure d'alignement est effectuée.
- Le contrôle de flux : La procédure de contrôle de flux est utilisée en cas de congestion à la couche MTP 2. Un exemple de congestion est la réception d'un nombre trop élevé de trames sémaphores à l'extrémité réceptrice d'un canal sémaphore. Cette extrémité encombrée notifie cette situation à l'extrémité émettrice distante au moyen d'une trame sémaphore d'état (LSSU) contenant l'indication « Busy » (occupé) et suspend l'émission des accusés de réception de toutes les trames sémaphores de message (MSU, Message Signal Unit) reçues.

6. MTP Niveau 3

6.1. L'étiquette d'acheminement

L'étiquette d'acheminement normalisée par l'ITU-T dans la recommandation Q.704 pour le réseau sémaphore international a une longueur de 32 bits divisés en trois champs (Figure 7) :

- Code du point de destination (DPC, Destination Point Code) sur 14 bits,
- Code du point d'origine (OPC, Origination Point Code) sur 14 bits,
- Sélection des Canaux Sémaphores (SLS, Signaling Link Selection) sur 4 bits.

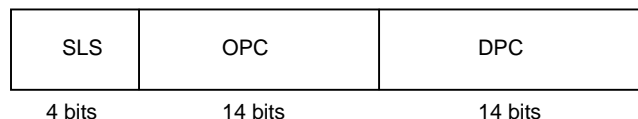


Figure 7: Structure de l'étiquette d'acheminement

Le champ DPC identifie le SP destinataire du message alors que le champ OPC indique le SP émetteur du message. Le rôle du champ SLS est d'effectuer un partage de la charge entre canaux sémaphores.

Avec des champs OPC et DPC de 14 bits de longueur, le réseau sémaphore international peut contenir 16344 SPs. Au niveau national il est possible d'adopter ce format si le nombre de SPs ne peut dépasser ce maximum.

Aux Etats-Unis par exemple, le format a été modifié par l'ANSI (American National Standards Institute). La longueur des champs DPC et OPC est de 24 bits alors que le champ SLS a une longueur de 8 bits.

Le champ SLS est utilisé afin de sélectionner un canal sémaphore particulier d'un faisceau de canaux sémaphores.

Chaque point sémaphore ou STP est identifié de façon unique par un code de point sémaphore qui est utilisé par la fonction d'acheminement de la couche MTP 3 afin de router les messages sémaphores.

La structure des champs OPC et DPC de longueur 14 bits est subdivisée en trois sous-champs (Figure 8): identification de zone géographique mondiale (network identifier) sur 3 bits, identification de zone/réseau (network cluster) sur 8 bits et identification de point sémaphore (network cluster member) sur 3 bits.

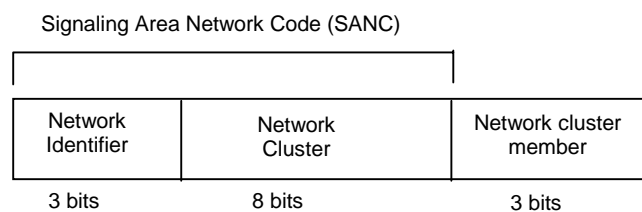


Figure 8: Format des codes de points internationaux

Le champ Network Identifier a la valeur 2 pour l'Europe, 3 pour les Etats-Unis, 4 pour l'Asie, 5 pour l'Australie, 6 pour l'Afrique et 7 pour l'Amérique du Sud. Les valeurs 0 et 1 sont réservées pour attribution future. 3 bits suffisent donc pour coder l'ensemble de ces valeurs. A chaque pays est attribué un ou plusieurs codes de zone/réseau sémaphores (SANC, Signaling Area Network Code). La France s'est vue attribuée les valeurs comprises entre 2-016 et 2-023, où le préfixe 2 est la valeur du champ Network Identifier.

6.2. Orientation des messages de signalisation

Les fonctions d'orientation des messages à la couche MTP niveau 3 sont au nombre de trois. Il s'agit de :

- La fonction de discrimination des messages,
- La fonction de distribution des messages,
- La fonction d'acheminement des messages

6.2.1. Fonctions de discrimination et de distribution des messages

Lorsqu'un message est reçu d'un point sémaphore (SP), la fonction de discrimination compare le code du point de destination (DPC, Destination Point Code) présent dans l'étiquette d'acheminement du message avec le code de point du SP. S'ils sont identiques, la fonction de discrimination conclut que ce message est destiné à ce même SP. L'étape suivante consiste à remettre le message au sous-système utilisateur approprié. Cette tâche est accomplie par la fonction de distribution. Elle examine les 4 bits du champ Service Indicator (SI) présents dans le champs Service Information Octet (SIO) du message reçu. A partir de la valeur du champ SI, la fonction de distribution est à même de délivrer le message à la bonne destination dans le SP.

Si la valeur du DPC est différente de celle du code de point du SP, la fonction de discrimination considère que le message n'est pas destiné à ce SP. Lorsque le SP a la fonctionnalité STP, le message doit alors être transféré à la fonction d'acheminement des messages.



6.2.2. Fonction d'acheminement des messages

La fonction d'acheminement des messages dans un SP prend en charge l'émission de messages depuis ce SP. Lorsqu'un sous-système utilisateur émet un message, la fonction d'acheminement des messages doit déterminer le canal sémaphore sur lequel envoyer le message. Elle réalise par ailleurs un partage de la charge sur l'ensemble des canaux disponibles vers une destination déterminée. Le canal choisi est indiqué dans le champ sélection des canaux sémaphores (SLS, Signaling Link Selection).

6.3. Routage dans un réseau SS7

Le routage dans un réseau sémaphore n°7 s'appuie sur le code du point de destination (DPC) dans les messages sémaphores MTP 3. Le champ DPC est utilisé d'une des deux façons suivantes :

- La première consiste à examiner le champ DPC complet afin de déterminer la route pour le message à partir de la table de routage.
- La seconde consiste à ne prendre en compte qu'une partie du champ DPC.

6.4. Partage de charge

Le but du partage de charge est de répartir le trafic sémaphore entre plusieurs canaux sémaphores afin de permettre de réaliser une distribution équitable de la charge à la couche MTP niveau 2, et ainsi éviter des congestions au niveau de certains canaux. Il existe deux types de partage de charges : partage de charge entre canaux sémaphores appartenant au même faisceau (link set) et partage de charge entre canaux sémaphores n'appartenant pas au même faisceau.

Dans la première qui est la plus simple, les quatre bits du champ SLS permettent de répartir la charge entre un maximum de 16 canaux appartenant au même faisceau. Par exemple, un message émis depuis un SP X contiendra dans son champ SLS la valeur 0000 et sera émis sur le canal 1. Dans le message suivant, le champ SLS pourra avoir la valeur 0001 et sera envoyé sur le canal 2. De cette façon, il est possible d'affecter différentes valeurs au champ SLS et ainsi répartir les messages entre les canaux d'un faisceau donné.

6.5. Gestion du réseau sémaphore

La gestion du réseau sémaphore fournit deux principales fonctions : reconfiguration en situation de défaillance, et gestion du trafic en situation de congestion.

Des défaillances peuvent se présenter sur tout élément constituant un réseau SS7 : les canaux sémaphores, les SPs et les STPs. Une route sémaphore est composée de ces éléments et la défaillance d'un des composants rend la route indisponible ce qui provoque le détournement du trafic sémaphore vers d'autres routes.

Une congestion peut apparaître sur une partie du réseau sémaphore. Il s'agit alors de réduire temporairement le trafic en l'élément encombré.

Sur la base de ces considérations, la gestion du réseau sémaphore est décomposée en trois fonctions (Figure 9):

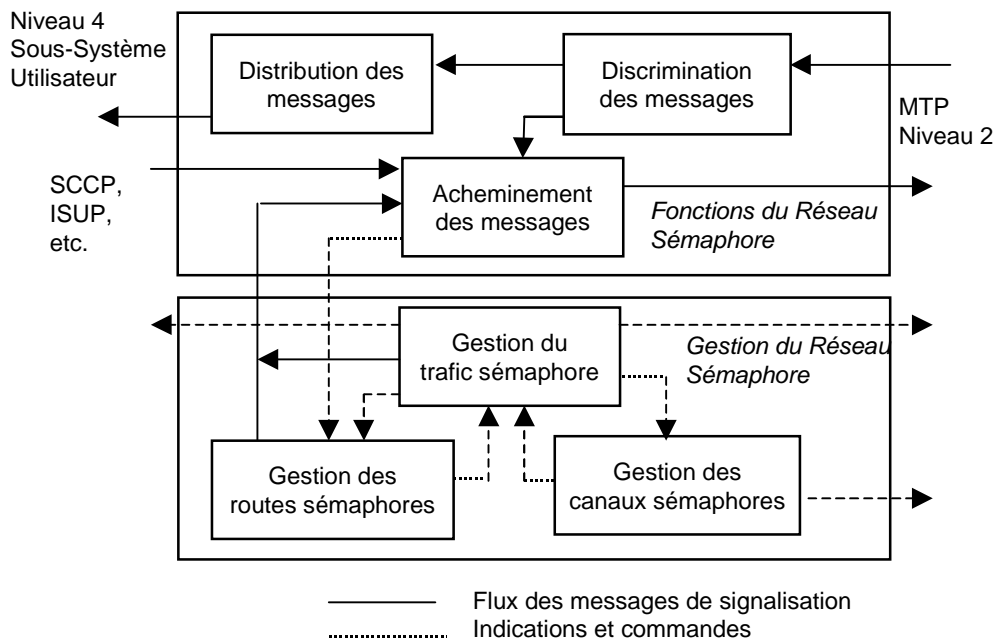


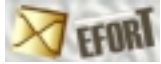
Figure 9: Fonctions du réseau sémaphore

- La fonction de gestion des canaux sémaphores (Signaling link management) : cette fonction fournit les procédures nécessaires à la gestion des canaux sémaphores rattachés à un point sémaphore donné : activation, rétablissement, désactivation. Ces canaux sont contrôlés individuellement.
- La fonction de gestion du trafic sémaphore (Signaling trafic management) : Lorsqu'un point sémaphore devient indisponible à la suite d'une défaillance, il est nécessaire de détourner le trafic acheminé par le canal indisponible sur d'autres canaux disponibles. De même, lorsqu'une route vers une destination donnée devient indisponible, il est nécessaire de détourner le trafic sur d'autres routes vers cette destination. Le redéploiement du trafic est aussi exigé à la suite d'une désactivation d'un canal ou d'une route. En cas d'encombrement en un point sémaphore, le trafic vers ce point doit être ralenti temporairement. Le trafic doit être détourné lors de la défaillance d'un point sémaphore et lors de son rétablissement. La gestion du trafic sémaphore fournit un ensemble de procédures de détournement de trafic sémaphore suite à l'indisponibilité / disponibilité de canal sémaphore, l'indisponibilité / disponibilité de route sémaphore, l'indisponibilité / disponibilité de point sémaphore.
- La fonction de gestion des routes sémaphores (Signaling route management) : cette fonction assure la disponibilité et la fiabilité des routes sémaphores entre points sémaphores.

7. Signaling Connection Control Part : SCCP

Les capacités d'acheminement de la couche MTP 3 sont limitées à router les messages jusqu'au point sémaphore adéquat à partir du code du point de destination (DPC), et une fois les messages délivrés, à les relayer au sous-système utilisateur MTP dans le point sémaphore à partir de la valeur du champ SIO de chaque message.

Le SCCP fournit une fonction supplémentaire de traduction d'adresse dénommée appellation globale (GT, Global Title). Une appellation globale est une adresse telle qu'un numéro vert, un numéro de téléphone mobile, un numéro RNIS, etc., qui ne peut être routé directement. Le SCCP traduit cette appellation globale en un code de point DPC et un numéro de sous-



système (SSN, Sub-System Number). Le numéro SSN identifie un sous-système utilisateur SCCP dans un point sémaphore donné. Parmi les utilisateurs de SCCP figurent la gestion SCCP, l'ISUP, l'OMAP, une application communication avec carte de facturation, etc. Le numéro SSN est similaire au champ SIO mais SCCP permet d'adresser 255 sous-systèmes dans un point sémaphore grâce à SSN alors que MTP 3 ne peut adresser que 16 utilisateurs MTP (dont SCCP) grâce au champ SIO (Service Indicator Octet).

7.1. Classes de service SCCP

Le SCCP fournit des services supplémentaires à MTP afin de supporter des services de réseau en mode connecté et en mode non connecté entre nœuds SS7, à la différence de MTP3 qui ne fournit des services qu'en mode non connecté. L'ensemble global des services fournis par le SCCP se subdivise en quatre classes :

- Classe de base en mode sans connexion utilisée par exemple pour transporter des messages TCAP.
- Classe en mode sans connexion avec remise en séquence,
- Classe de base en mode connexion,
- Classe en mode connexion avec contrôle de flux.

8. ISDN User Part : ISUP

Le sous-système utilisateur pour le RNIS (ISUP, ISDN-User Part) est le protocole de signalisation n°7 qui fournit les fonctions de signalisation nécessaires à la prise en charge des connexions dans les réseaux à commutation de circuits nationaux et internationaux : établissement / libération de circuits et supervision (blocage / déblocage / interrogation / réinitialisation) de circuits. Comme son nom ne l'indique pas, ISUP peut être utilisé dans des réseaux RNIS, des réseaux analogiques ou encore des réseaux mixtes analogiques / numériques.

ISUP utilise les services de MTP niveau 3 et dans certains cas, ceux de SCCP.

ISUP supporte par ailleurs un ensemble de services complémentaires dont les suivants:

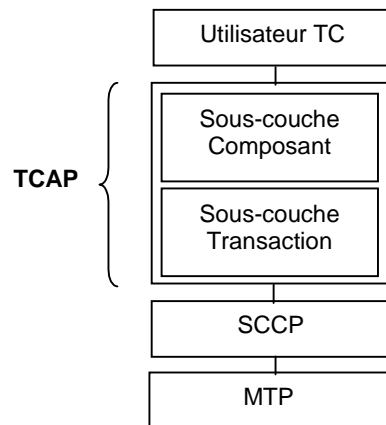
- Signal d'appel (CW, Call Waiting)
- Transfert de communication (CT, Call Transfer)
- Présentation d'identification de la ligne appelante (CLIP, Calling Line Identification Presentation)
- restriction de la ligne appelante (CLIR, Calling Line Identification Restriction)
- Communication conférence (CONF, Conference)
- Mise en garde (HOLD)
- Rappel automatique sur occupation (CCBS, Completion of Calls to Busy Subscriber)
- Renvoi d'appel inconditionnel, sur occupation (CFU, Call Forwarding Unconditional)
- Renvoi d'appel sur occupation (CFB, Call Forwarding Busy)
- Renvoi d'appel inconditionnel sur non réponse (CFNR, Call Forwarding No Reply)

9. Transactions Capabilities Applications Part : TCAP

Le gestionnaire de transactions (TC, Transaction Capabilities) fournit les primitives permettant l'échange d'informations entre deux applications (e.g., SCP et SSP).

TCAP est structuré en deux sous-couches :

- Une sous-couche composant,
- Une sous-couche Transaction.



9.1. Sous-couche composant

Un composant consiste en un lancement, un résultat positif ou négatif, ou un rejet d'opération. La sous-couche Composant offre un service de gestion de composants. A l'intérieur d'un dialogue établi, ce service modélise l'interaction entre deux entités à l'aide du concept d'opération. Une entité émettrice demande à l'entité réceptrice l'exécution d'une opération ; l'entité réceptrice interprète la demande, exécute l'opération si l'interprétation a été possible, et rend compte éventuellement du résultat qui peut être positif ou négatif de cette exécution.

9.2. Sous-couche transaction

La sous-couche transaction offre un service de gestion de dialogue. Ce service permet à deux entités distantes d'ouvrir, de poursuivre et de terminer des dialogues, et d'interagir entre elles à l'intérieur d'un dialogue établi en échangeant des composants.



Recommandations SS7 de l'ITU-T

Sous-Système transport de message (MTP, Message Transfer Part)

Q.701 (03/93)	Description fonctionnelle de MTP
Q.702 (11/88)	Liaison sémaphore de données
Q.703 (07/96)	Canal sémaphore
Q.704 (07/96)	Fonctions et messages du réseau sémaphore
Q.705 (03/93)	Structure du réseau sémaphore
Q.706 (03/93)	Fonctionnement attendu en signalisation de MTP
Q.707 (11/88)	Test et maintenance
Q.708 (03/93)	Plan de numérotage des points sémaphores internationaux
Q.709 (03/93)	Communication fictive de référence pour la signalisation
Q.710 (11/88)	Application du système de signalisation n°7 pour les autocommutateurs privés

Sous-système commande de connexions sémaphores (SCCP, Signaling Connection Control Part)

Q.711 (07/96)	Description fonctionnelle de SCCP
Q.712 (07/96)	Définition et fonction des messages de SCCP
Q.713 (07/96)	Formats et codes de SCCP
Q.714 (07/96)	Procédures SCCP
Q.716 (07/96)	Performance SCCP

Sous-système utilisateur du RNIS (ISUP, ISDN User Part)

Q.761 (05/98)	Description fonctionnelle d'ISUP
Q.762 (09/97)	Fonctions générales des messages et des signaux d'ISUP
Q.763 (09/97)	Formats et codes d'ISUP
Q.764 (09/97)	Procédures de signalisation d'ISUP
Q.766 (03/93)	Fonctionnement attendu pour l'application RNIS
Q.767 (02/91)	Application d'ISUP pour les interconnexions RNIS internationales

Sous-système application de gestion des transactions (TCAP, Transaction Capabilities Application Part)

Q.771 (06/97)	Description fonctionnelle de TCAP
Q.772 (06/97)	Définition des éléments d'information du gestionnaire de transactions
Q.773 (06/97)	Formats et codes du gestionnaire de transactions
Q.774 (06/97)	Procédures TCAP
Q.775 (06/97)	Guide d'utilisation du gestionnaire de transactions

Ouvrages de synthèse

- Travis Russel. " Signaling System #7 ", McGraw-Hill Telecommunications, 1997.
Uyless Black. " ISDN and SS7 Architectures for Digital Signaling Networks ", Prentice Hall Series in Advanced Communications Technologies, 1997.
Simon Znaty. " Réseau Sémaphore et Réseau Intelligent ", Publié par EFORT, Mai 2000.