

CHAPITRE 1 : PRESENTATION DU SS7 ET DU RESEAU SEMAPHORE

La question qui se pose est celle de savoir ce qu'est précisément ce SS7. Pourtant, l'apport d'un éclaircissement à ce sujet passe inévitablement par la connaissance tout d'abord de ce qu'on entend vraiment par signalisation. Ce premier chapitre tente alors d'apporter une définition à la signalisation, ainsi que quelques concepts généraux liés justement à ce sujet. Il présente ensuite un bref aperçu de l'évolution de la signalisation, en partant de l'analogique vers le numérique, pour aboutir au concept de la signalisation par canal sémaphore SS7, qui fait l'objet de cette étude. Une fois l'idée lancée, on entrera dans l'étude du SS7 proprement dite. Ceci comportera la présentation du SS7, ses avantages, applications, ... ainsi que la présentation même du réseau sur lequel se repose le système, à savoir le « réseau sémaphore ».

1 La signalisation [1] [2] [3] [4] [5] [6] [7] [8] [9] [10] [11] [12] [13]

1.1 Définition

On entend par signalisation l'échange de signaux entre entités fonctionnelles du réseau dans le but d'établir et de rompre une communication [Figure 1.01]. Elle intègre également les fonctions de contrôle des ressources mises en œuvre pour la communication.

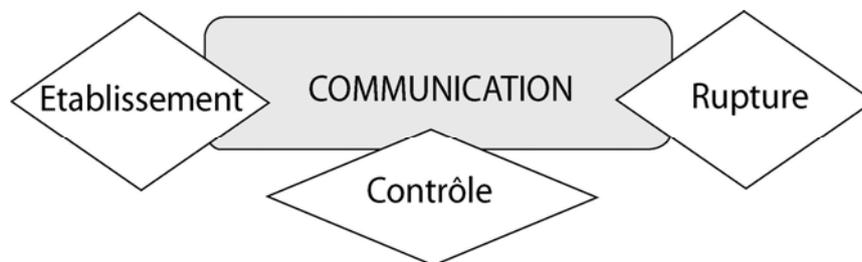


Figure 1.01 : Définition de la signalisation

Ce concept de départ s'élargit de plus en plus avec l'enrichissement des services de télécommunication et le développement de la technologie. L'évolution a généré l'apparition de nouveaux signaux et protocoles de signalisation.

1.2 Informations de signalisation de base

Les informations de signalisation sont transmises sous forme de codes spécifiques (fréquences, impulsions, messages...). Il existe plusieurs signaux qui varient selon la richesse du code utilisé. Les plus familiers sont :

- La prise : information envoyée tout au début de l'appel pour aviser le centre distant d'un désir d'établissement d'une communication.
- L'invitation à transmettre : réponse au signal précédent pour indiquer que le centre distant est prêt à recevoir les chiffres de la numérotation.
- La numérotation : information qui indique le correspondant à atteindre.
- La réponse : information sur le décrochage du demandé, ce qui entraîne généralement la taxation.
- La libération : information émise à la fin d'une communication pour rompre les liaisons préalablement établies.
- La libération de garde : signal de réponse au signal précédent pour confirmer que le circuit est libre et que tous les équipements engagés ont été libérés.

1.3 Sens de transmission des signaux

Selon que les signaux sont émis dans le sens vers l'appelé ou vers l'appelant, on distingue :

- les signaux en avant : demandeur vers demandé (forward)
- les signaux en arrière : demandé vers demandeur (backward).

Cette notion reste tout à fait valable aussi bien pour les signaux de conversation que pour la signalisation.

1.4 Types de signalisation

On rencontre deux types de signalisation :

- la signalisation dans la bande
- et la signalisation hors bande.

1.4.1 Signalisation dans la bande

On parle de signalisation «dans la bande» lorsque les signaux relatifs à la signalisation sont transportés dans le même canal que celui véhiculant la communication [Figure 1.02]. Dans

ce cas, le canal de transmission supporte à la fois la communication proprement dite et la signalisation correspondante. Autrement dit, la signalisation est mêlée aux données.

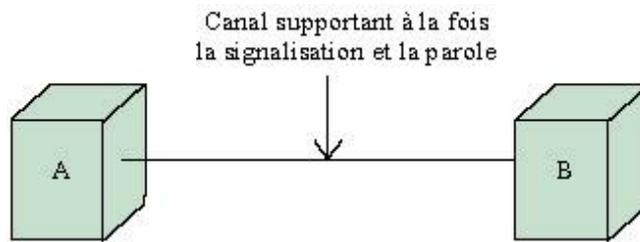


Figure 1.02 : Signalisation dans la bande

1.4.2 Signalisation hors bande

On parle de signalisation « hors bande » lorsque les signaux relatifs à la signalisation passent par un canal différent de celui utilisé pour le transport de la parole [Figure 1.03].

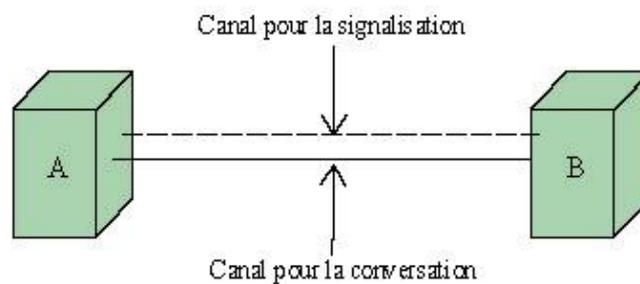


Figure 1.03 : Signalisation hors bande

Ce dernier type de signalisation se scinde encore en deux catégories :

- la signalisation associée
- et la signalisation sur réseau dédié.

1.4.2.1 Signalisation associée

Cette catégorie se base sur l'allocation de l'un des conduits reliant deux nœuds interconnectés pour la signalisation.

1.4.2.2 Signalisation sur réseau dédié

Ce type de signalisation repose sur une architecture qui définit un réseau de signalisation complètement dissocié et superposé au réseau de voix.

1.5 Comparaison des deux types de signalisation

Comparé à la signalisation « dans la bande », la signalisation « hors bande » présente plusieurs avantages qui font qu'on le préfère à la première. Entre autres, on cite :

- l'optimisation de l'utilisation des circuits pour la conversation, donc une utilisation plus efficace des circuits de voix
- le transport d'une quantité de données plus importantes et à débits plus élevés
- la possibilité d'envoi de signalisation à tout moment, pendant toute la durée de la communication (signalisation en cours d'appel)
- l'existence de signalisation entre des éléments du réseau qui ne partagent pas le canal direct de connexion, avec le réseau dédié.

En outre, comme la signalisation « dans la bande » est parfois émise sur base de la fréquence vocale, il y a possibilité d'imitation des signaux de signalisation dans la voie. Ce qui peut provoquer un déclenchement intempestif de la signalisation.

1.6 Evolution de la signalisation

Pour tracer l'évolution de la technique en matière de signalisation, on va procéder à la considération de deux catégories différentes, à savoir pour:

- la signalisation terminale ou sur la ligne d'abonné (UNI : User Network Interface)
- et la signalisation entre commutateurs (NNI : Network Network Interface)

comme on peut le distinguer sur le schéma suivant :

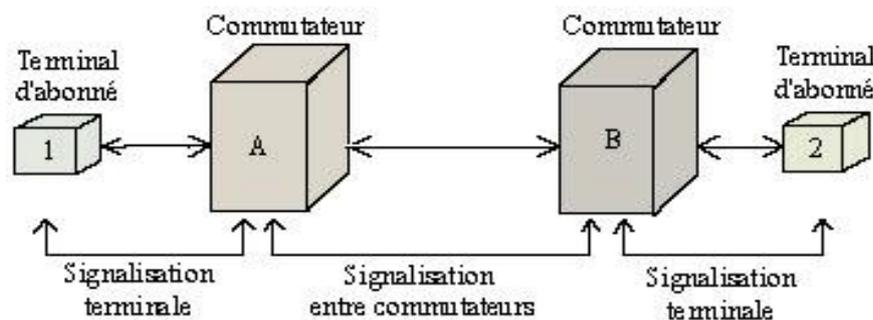


Figure 1.04 : Signalisation terminale et signalisation entre commutateurs

1.6.1 Au niveau de la signalisation terminale

Pour l'accès de l'utilisateur au réseau, la signalisation s'organise de plusieurs façons. Avant, celle-ci peut se présenter par des ruptures de boucle de la ligne d'abonnés (système à impulsions) ou par l'émission d'une combinaison de fréquences (système multifréquence).

Pour le premier système, la signalisation se traduit par des impulsions avec des durées significatives pour chaque ouverture et fermeture de la ligne. Par exemple pour la numérotation, chaque impulsion dure 100 ms, soit 33,3 ms pour la ligne fermée (présence de courant) et 66,7 ms pour la ligne ouverte. Et un intervalle de temps de 200 ms sépare deux trains d'impulsions. Ainsi, pour composer le chiffre « 1 », on a besoin d'une impulsion, donc de 100 ms. Pour le chiffre « 2 », il fallait deux impulsions et donc de 200 ms, et ainsi de suite. Ce qui fait que ce principe est lent.

Le second système repose sur le principe de l'émission simultanée de deux fréquences pour la signalisation. A titre d'exemple, pour transmettre le chiffre « 1 », il fallait émettre le signal composite de 697 Hz et 1209 Hz.

L'évolution avance, avec l'avènement du RNIS (Réseau Numérique à Intégration de Services), vers une signalisation d'abonnés en mode message qui fait transiter les informations de signalisation sur un canal spécifique dit canal « D ». Ces messages contiennent un certain nombre d'informations dont le numéro du correspondant demandé. Toute échange de signalisation peut se faire en dehors ou pendant la communication. En plus des informations de signalisation de base, il est ainsi possible à un serveur de messagerie de signaler la présence d'un appel en instance, d'avertir un usager en communication de l'arrivée d'un nouvel appel, etc. Ce dernier système augmente donc la richesse du code de signalisation pour l'accès de l'utilisateur au réseau.

1.6.2 Au niveau de la signalisation entre commutateurs

Jusqu'à l'avènement du réseau numérique intégré, la signalisation interne au réseau téléphonique est aussi basée sur l'émission d'une combinaison de deux fréquences. Cette signalisation est communément appelée signalisation multifréquence (R2 multifréquence, MF Socotel, CCITT n°5 ...) (voir ANNEXE 1). Elle est du type voie par voie c'est-à-dire qu'à une voie de signalisation est rigide associée une voie d'échange de signalisation. Ce système a été défini pour les systèmes à commutation électromécanique.

L'évolution du réseau vers la commutation numérique et le développement de la technique de modulation par impulsion et codage (MIC) (voir ANNEXE 2) mènent vers l'allocation d'un intervalle de temps (IT) du MIC 2048 Kbits/s pour la signalisation. Cette fois, c'est encore en exploitation voie par voie : une trame transmet la signalisation associée à 2 voies bien définies. A chaque voie de communication sont affectés 4 bits dans la voie 16 pour la signalisation. Les signalisations de 30 voies d'un multiplex sont transmises par les IT 16 de 15 trames successives.

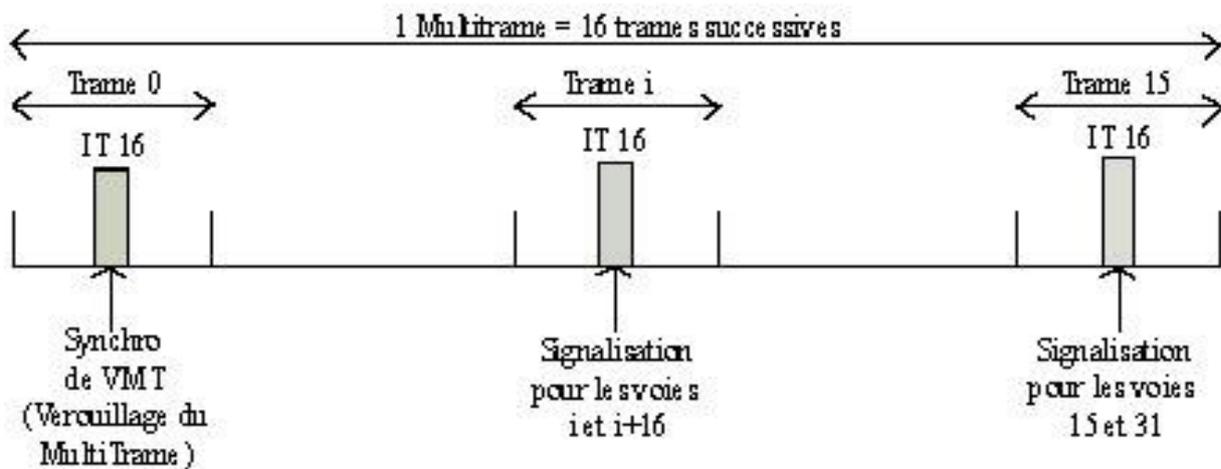


Figure 1.05 : Signalisation voie par voie

L'IT 16 de la trame i transporte toujours la signalisation de la voie i et celle de la voie $i+16$. Ce système de signalisation paraît insuffisant par sa lenteur et sa pauvreté au niveau de l'information transmise. Il devient de plus en plus mal adapté à la commande des systèmes à programmes enregistrés.

La nécessité d'améliorer l'échange de signalisation a été ressentie pour satisfaire l'exploitation de nouveaux services générés par l'évolution du marché. Ainsi, un autre mode de signalisation a été défini : la signalisation par canal sémaphore.

1.7 La signalisation par canal sémaphore

1.7.1 Définition

On appelle signalisation « par canal sémaphore » ou « par canal commun » une méthode dans laquelle les signalisations relatives à un nombre élevé de conversations sont écoulées dans un canal de transmission numérique spécialement réservé à la signalisation.

1.7.2 Les systèmes de signalisation par canal sémaphore

Un système de signalisation établit une correspondance entre les informations (échangées entre commutateurs) et les signaux qui véhiculent celles-ci. Il définit les procédures selon lesquelles ces signaux sont transmis, reçus et interprétés.

Le premier système de signalisation par canal sémaphore défini par le CCITT (Comité Consultatif International Télégraphique et Téléphonique) (voir ANEXE 3) est le CCITT n°6.

1.7.2.1 Le CCITT n°6

Le code défini par le CCITT n°6 utilise des unités de signalisation de 28 éléments binaires. Conçu pour le traitement des appels téléphoniques, il est d'un usage assez difficile pour le transfert des messages d'exploitation et de gestion. Ce système fut doté d'une liaison de donnée sémaphore à 2,4 Kbits/s, ce qui s'avère mal adaptée à la génération de la voie à 64 Kbits/s.

De ce fait, ce premier système n'a pas connu le développement escompté. En 1973, le CCITT a lancé l'étude d'un nouveau système de signalisation par canal sémaphore : le CCITT n°7.

1.7.2.2 Le CCITT n°7

Par rapport au système précédent, les messages bénéficient d'un champ d'étiquette élargi avec des messages de longueur variable et un débit de 64 Kbits/s. Ce qui confère au CCITT n°7 une meilleure adaptation aux réseaux numériques.

Les premières spécifications du CCITT n°7 ont été publiées en 1980 à Genève, à l'issue de la septième assemblée plénière. Cette définition fut complétée quatre ans plus tard lors de la huitième assemblée plénière qui s'est tenu à Malaga en 1984.

Le système de signalisation défini par le CCITT n°7 est communément appelé système de signalisation par canal sémaphore n°7 ou SS7 (Signalling System 7). Ce qui mène ici à entrer dans le vif du sujet à savoir le SS7.

2.4 Avantages du SS7

Etant une signalisation hors bande, le SS7 présente les avantages suivants :

- possibilité de transférer de la signalisation pure indépendamment de l'établissement d'un circuit
- réservation d'un circuit de conversation seulement dans le cas où l'appelé est joignable, donc diminution du taux d'occupation inefficace des circuits (en cas d'absence ou d'occupation du demandé)
- meilleure disponibilité des voies de parole
- possibilité de transférer de la signalisation à fort débit pendant une communication sans que l'utilisateur ne soit gêné
- contrôle amélioré par rapport à des actions de fraude
- temps de connexion plus rapide et qualité de service accrue.

2.5 Complexité du SS7

Les fonctionnalités du SS7 entraînent une grande complexité qui se traduit par la nécessité de mettre en place des fonctions de test des circuits. D'autre part, la défaillance d'un élément du réseau sémaphore peut entraîner l'impossibilité d'établir les communications sur une partie du réseau. Ce qui fait que ce système présente une plus grande sensibilité aux pannes. Par conséquent, la duplication des éléments devient indispensable.

2.6 Applications du SS7

Le SS7 a favorisé le développement de nouveaux services en matière de télécommunications. Initialement conçu pour l'établissement de communications téléphoniques puis RNIS, les potentialités d'un réseau de communication de données ont permis l'extension à des usages de consultation de serveurs et de bases de données distants, ainsi que le contrôle d'appels à distance, qui sont à la base des concepts des réseaux intelligents (exemple service 0800) et cellulaires mobiles.

Il permet ainsi la mise en œuvre de plusieurs applications parmi lesquelles :

- la gestion des appels de base (établissement, maintenance, rupture)
- la gestion des services complémentaires (transfert d'appel, conférence à trois, ...)
- la gestion de la mobilité (identification et localisation des abonnés mobiles, roaming...)

- l'acheminement des messages courts (SMS : Small Message Service)
- les applications du réseau intelligent
- la portabilité des numéros
- la gestion des cartes prépayées (télécarte, carte bancaire...).

La dissociation des cheminements de la signalisation et des informations échangées entre usagers favorise la construction d'un réseau de signalisation spécifique. C'est le réseau sémaphore.

3 Le réseau sémaphore [1] [2] [5] [14] [20] [21] [22] [23] [24]

3.1 Définition

Le réseau sémaphore est un réseau spécialement dédié à la signalisation SS7. Il est superposé au réseau téléphonique et possède ses propres entités fonctionnelles.

3.2 Structure du réseau sémaphore

Le réseau sémaphore possède des nœuds appelés « points de signalisation » (PS), ainsi que des nœuds de commutation nommés « points de transfert sémaphores » (PTS). Les différentes entités du réseau sont connectées entre eux par des canaux sémaphores [Figure 1.07].

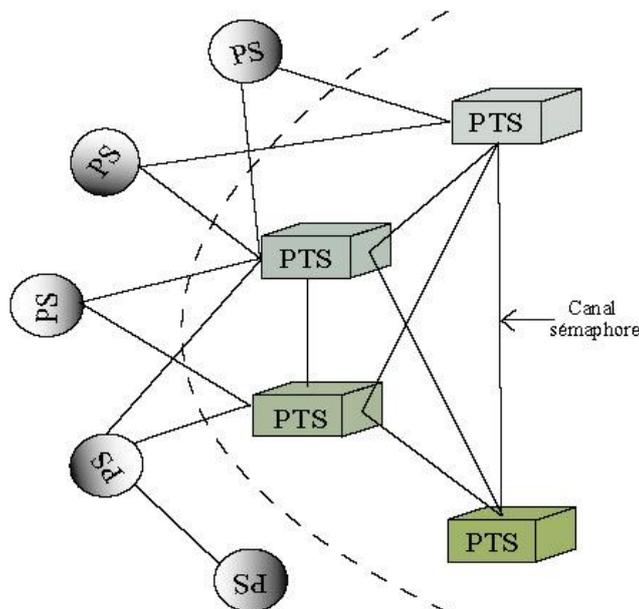


Figure 1.07 : Exemple de structure du réseau sémaphore

3.2.1 Les Points Sémaphores (PS)

3.2.1.1 Description

Les « points sémaphores » sont les nœuds du réseau qui assurent l'émission et la réception des messages de signalisation. Les PS peuvent être des centraux téléphoniques, des serveurs ou des bases de données, etc.

3.2.1.2 Adressage des points sémaphores

Un PS donné est identifié de manière unique dans le réseau par une adresse que l'on appelle « Code du Point de Signalisation » (CPS) ou plus habituellement le « Signalling Point Code » (SPC) de 14 bits.

Chaque réseau national dispose librement de ses CPS. Par contre, pour le réseau international, les codes des points sont attribués par l'UIT (Q.708). L'UIT attribue des séries de codes utilisables pour chaque pays, le régulateur national peut ensuite les répartir entre opérateurs. Ainsi, un nœud international (le commutateur international) aurait deux CPS : 1 côté international et 1 côté national. L'UIT a alors ajouté deux bits à cette adresse pour identifier le type de réseau.

3.2.2 Les Points de Transfert Sémaphores (PTS)

3.2.2.1 Description

Les « points de transfert sémaphores » sont les nœuds qui dirigent les messages venant des PS d'origine vers les PS de destination. Ils peuvent être considérés comme les routeurs du réseau sémaphore. Comme les PS, ils sont également identifiés par leur code de point de signalisation.

Généralement, un PTS ne génère pas de message de signalisation mais se limite au routage de celui-ci. Pourtant, il existe tout de même des PTS qui jouent à la fois le rôle de PS et de PTS. Dans ce cas, on parle de PTS « intégrés ». Sinon, ils sont dits « autonomes ».

3.2.2.2 Types de PTS

On distingue trois types de PTS

- le PTS national : C'est le point de transfert que l'on trouve au sein du réseau sémaphore national. Il utilise ainsi les protocoles définis au niveau national par les organismes nationaux de normalisation. Il ne dispose pas de fonction de traduction de protocole

national en un autre protocole. Ceci est indispensable lorsque le message est destiné à un point sémaphore d'un autre réseau quand ce dernier utilise un format de message différent.

- Le PTS international : C'est le point de transfert que l'on rencontre au niveau du réseau sémaphore international. Il interconnecte tous les pays en utilisant les protocoles sémaphores définis par l'UIT-T. La présence de ce type de PTS garantit alors l'interopérabilité entre tout réseau sémaphore, en dépit des différences au niveau des formats d'adresse que certains pays puissent définir.
- Le PTS passerelle : C'est le point de transfert qui permet de traduire le protocole national en un protocole international et vice-versa.

Remarque : Les nœuds de signalisation sémaphores sont dupliqués en paire pour pouvoir traiter le trafic dérivé.

3.2.3 Les canaux sémaphores

3.2.3.1 Description

Le canal sémaphore est un support bidirectionnel qui assure le transfert fiable des messages de signalisation entre deux entités sémaphores. On l'appelle également « lien de signalisation » et il fonctionne à un débit de 64 Kbits/s.

3.2.3.2 Types de canaux sémaphores

Les liens utilisés dans le réseau sémaphore sont identiques. Ils sont tout de même labellisés pour identifier leur fonction dans le réseau.

Ainsi, on peut distinguer comme sur la figure 1.08:

- Les canaux de type A (Access Link): Ce sont les liens qui relient un PS à un PTS de même région.
- Les canaux de type B (Bridge Link) : Ce sont les liens qui relient des PTS de différentes régions entre eux.
- Les canaux de type C (Cross Link) : Ce sont les liens qui relient des PTS de même région.
- Les canaux de type D (Diagonal Link): Ce sont les liens qui relient des PTS de niveau hiérarchique différent c'est-à-dire un PTS avec un PTS de niveau supérieur.

- Les canaux de type E (Extended Link) : Ce sont les liens qui relient un PS d'une région à un PTS d'une autre région.
- Les canaux de type F (Full-associated Link) : Ce sont les liens qui relient deux PS directement entre eux.

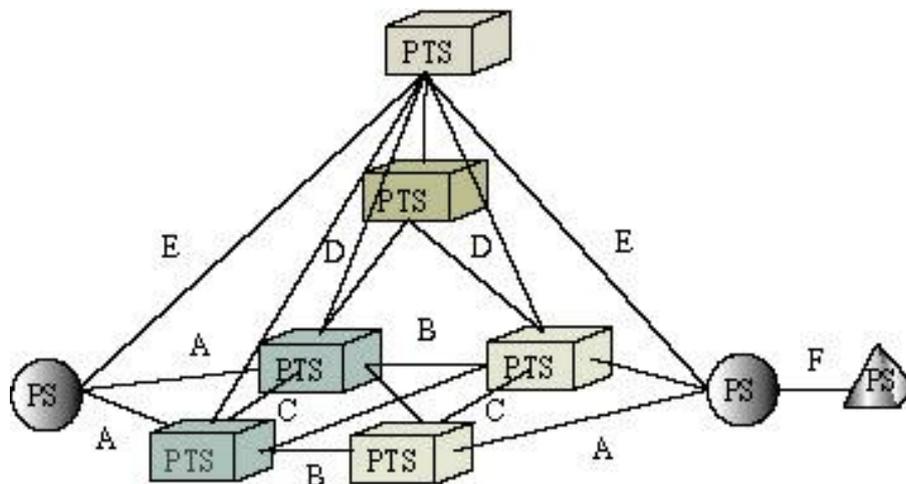


Figure 1.08 : Types de canaux sémaphores

3.2.3.3 Performance des canaux sémaphores

Afin de prendre en charge tout le trafic de signalisation, les canaux sémaphores doivent être disponibles en permanence. Par exemple si un nœud du réseau tombe en panne, un autre nœud de la paire doit traiter le trafic dérivé. Ainsi, un canal sémaphore peut soudainement avoir à traiter dans cette situation plus de trafic qu'en situation normale. C'est pour cela qu'un canal sémaphore utilise seulement les 40% de son débit maximal pour une utilisation normale. 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.

3.2.4 Les faisceaux sémaphores

On appelle faisceau sémaphore l'ensemble des canaux reliant directement deux points déterminés [Figure 1.09]. Tous les canaux dans le même faisceau ont alors le même nœud adjacent. Deux nœuds de même type sont reliés entre eux par un faisceau contenant jusqu'à huit canaux sémaphores. Deux nœuds différents sont unis par un faisceau contenant un maximum de seize canaux.

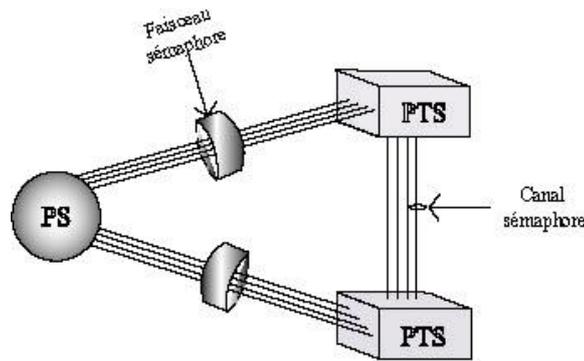


Figure 1.09 : Faisceau sémaphore

3.3 Les modes de fonctionnement du SS7

Il existe trois modes de fonctionnement du SS7. On entend par mode de fonctionnement le chemin suivi par les messages de signalisation par rapport à celui suivi par la conversation auquel cette signalisation se rapporte.

3.3.1 Mode associé

En mode associé, le canal sémaphore est établi parallèlement au circuit de parole pour lequel il permet l'échange de signalisation [Figure 1.01]. A cet effet, le transfert de signalisation n'est envisageable que pour deux PS directement reliés par un faisceau de circuits. La mise en œuvre est simple mais l'inconvénient réside dans l'encombrement c'est-à-dire la multiplication excessive des nœuds de signalisation.

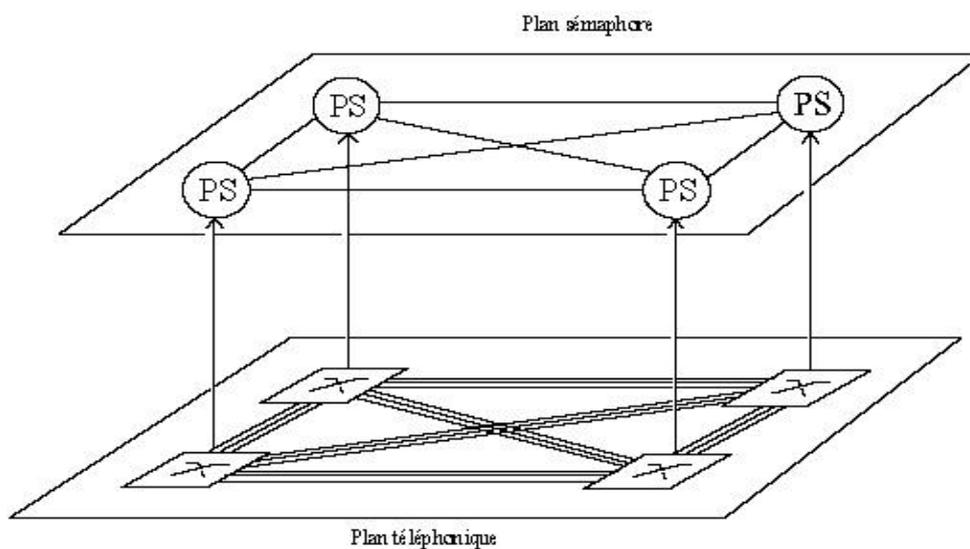


Figure 1.10 : Mode associé

3.3.2 Mode non associé

En mode non associé, il existe d'innombrables chemins possibles pour aller d'un PS à un autre, en passant par des nœuds intermédiaires (plusieurs PTS) [Figure 1.11]. Aussi, les messages à destination d'un PS peuvent emprunter des routes différentes.

Cela permet la signalisation entre deux PS non reliés directement par un faisceau de circuits. Pourtant, le système exige des algorithmes de routage compliqués et peut provoquer l'accroissement du délai de transmission de la signalisation. De ce fait, ce mode est plutôt délaissé dans le SS7.

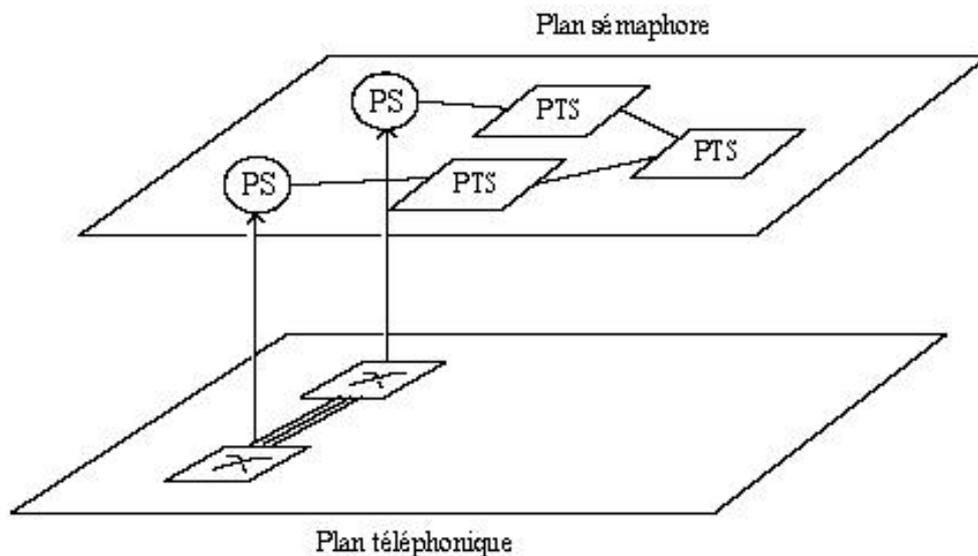


Figure 1.11 : Mode non associé

3.3.3 Mode quasi-associé

En mode quasi-associé, les messages de signalisation empruntent des chemins qui passent par un nombre fixé de un à deux PTS pour atteindre le PS de destination [Figure 1.12]. Par ailleurs, à part ce fait de limiter le nombre de nœuds à traverser, les messages suivent toujours la même route pour aller d'un PS à un autre, contrairement au mode non associé.

C'est le mode le plus adopté en SS7.

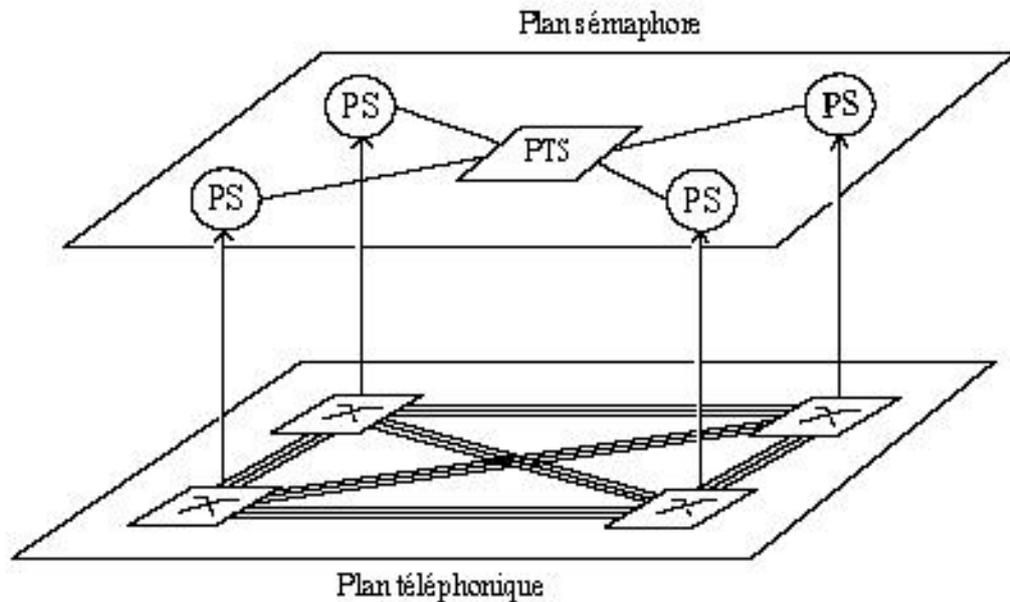


Figure 1.12 : Mode quasi-associé

Pour compléter l'étude, il est important de connaître à présent le fonctionnement du SS7. Pour procéder à ceci, on va traiter l'architecture fonctionnelle du SS7. C'est ce qu'on va voir dans le chapitre suivant.

Mais avant d'entamer cette étape suivante, il s'avère nécessaire de résumer les points essentiels qui ont été vus.

Dans le passé, on utilise la technique de signalisation dite « dans la bande ». Cette méthode utilise le même canal pour véhiculer à la fois la conversation et la signalisation correspondante. Cette méthode s'avère inefficace et s'est rapidement remplacée par la signalisation par canal sémaphore, précisément le SS7. Ce dernier se base sur une architecture qui dissocie la signalisation de la parole. Le SS7 utilise ainsi un réseau spécialement dédié à la signalisation, appelé « réseau sémaphore ». Ceci se compose de noeuds appelés points sémaphores et éventuellement des noeuds de commutation nommés points de transfert sémaphores. Les éléments du réseau sont reliés par des canaux sémaphores, eux-mêmes formant des faisceaux sémaphores.

A la base, le SS7 est simplement utilisé pour la fourniture d'un appel ainsi que pour les opérations liées à la gestion du réseau. Mais grâce à son architecture, il a permis le transport de beaucoup d'autres types de données, qui font la base de services nouveaux et de services à valeur ajoutée, dont entre autres, le transfert d'appel, l'identification de la ligne appelante, le roaming, le SMS, les applications du réseau intelligent comme les numéros verts, etc.