

Mécanismes classiques de la signalisation de connexion

- C. Rigault (ENST)
- claude.rigault@enst.fr

Sommaire

- Les principes du contrôle de connexion
- Signalisation analogique à l'UNI
- Signalisation numérique à l'UNI : le RNIS
- Signalisation numérique au NNI : la signalisation SS7

1- Les principes du contrôle de connexion

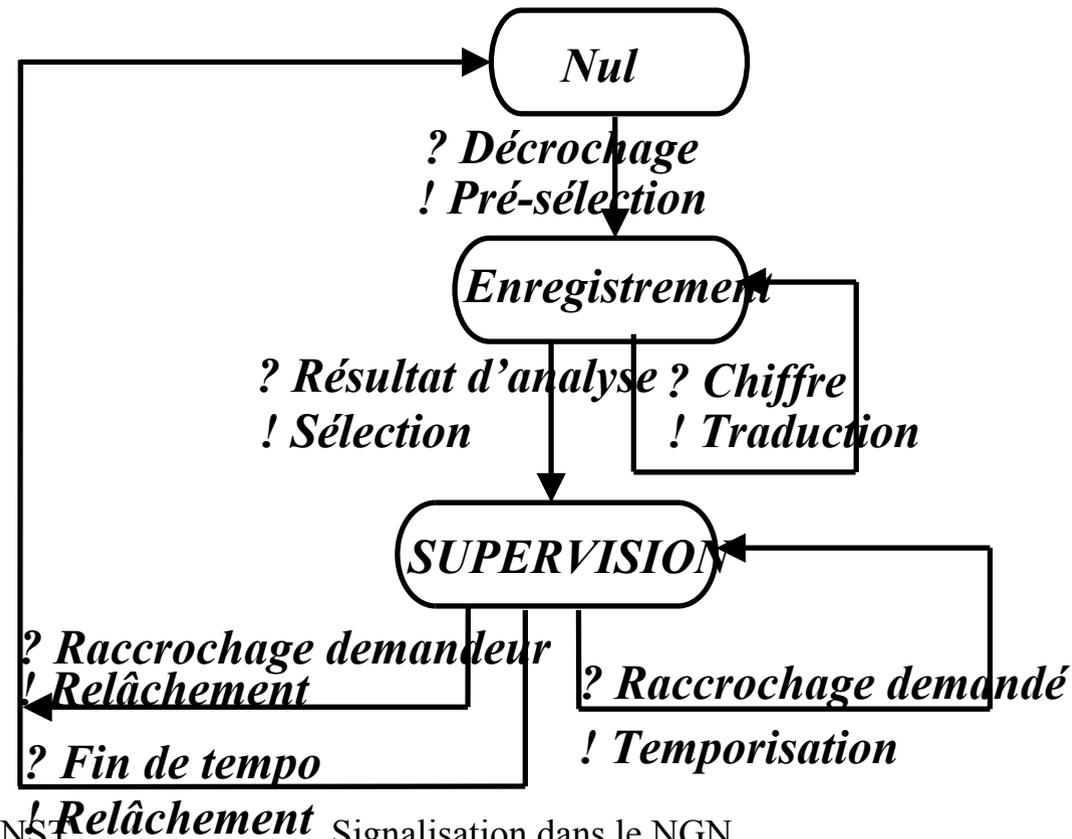
- Les principes du contrôle de connexion
- Signalisation analogique à l'UNI
- Signalisation numérique à l'UNI, le RNIS
- Signalisation numérique au NNI, la signalisation sémaphore
- ISUP

Principes du contrôle de connexion

Le contrôle de connexion est l'une des applications informatiques les plus difficiles
C'est un traitement coopératif

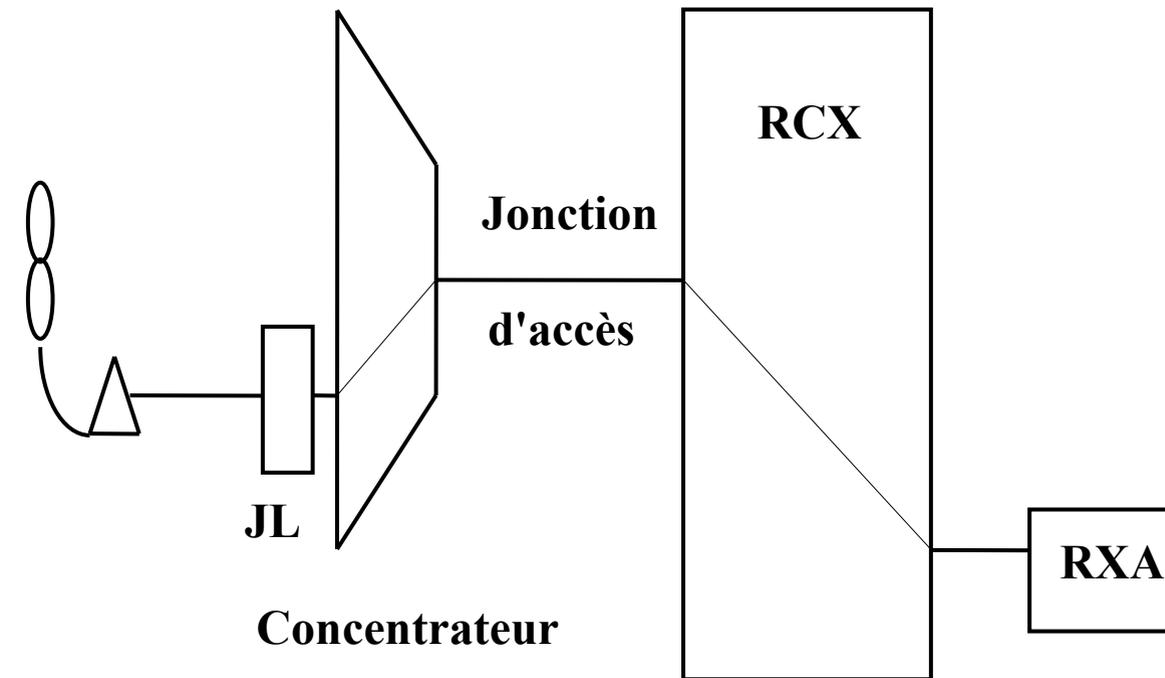
Réseaux connectés et traitement d'appel

- Le traitement d'appel POTS mêle appel et connexion



La présélection

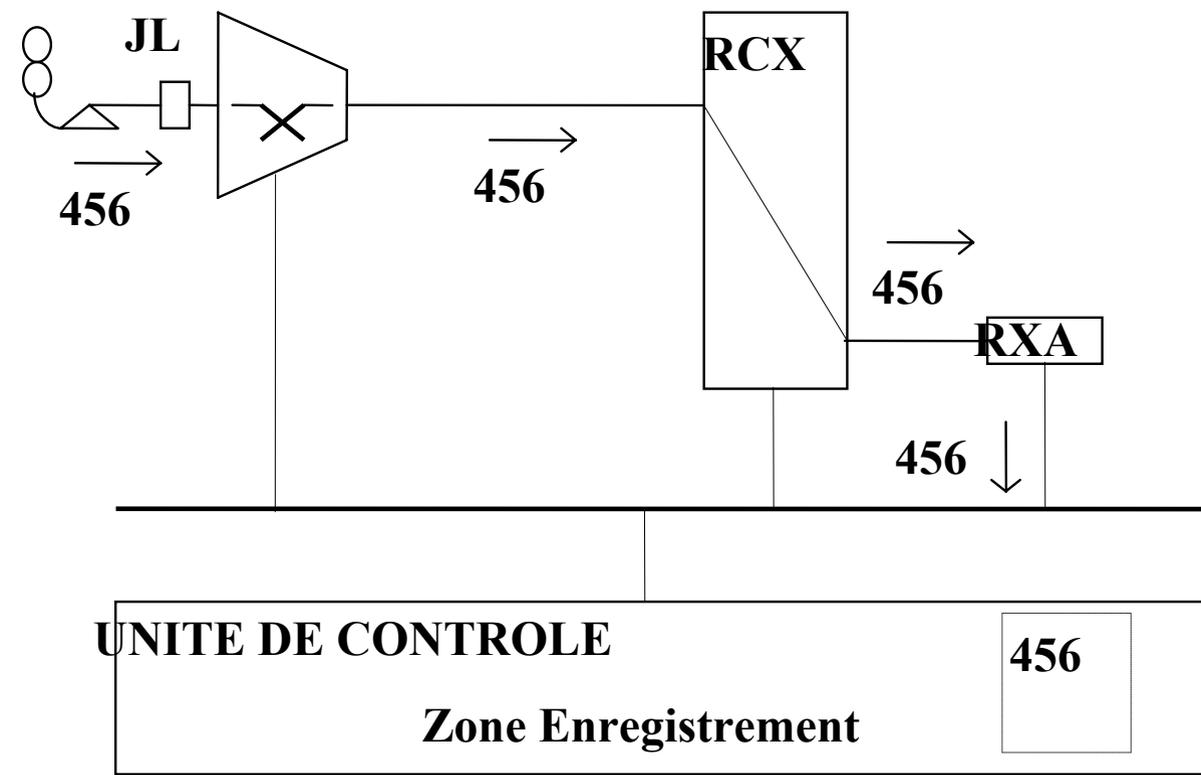
- La présélection contient une fonction d'accès originante



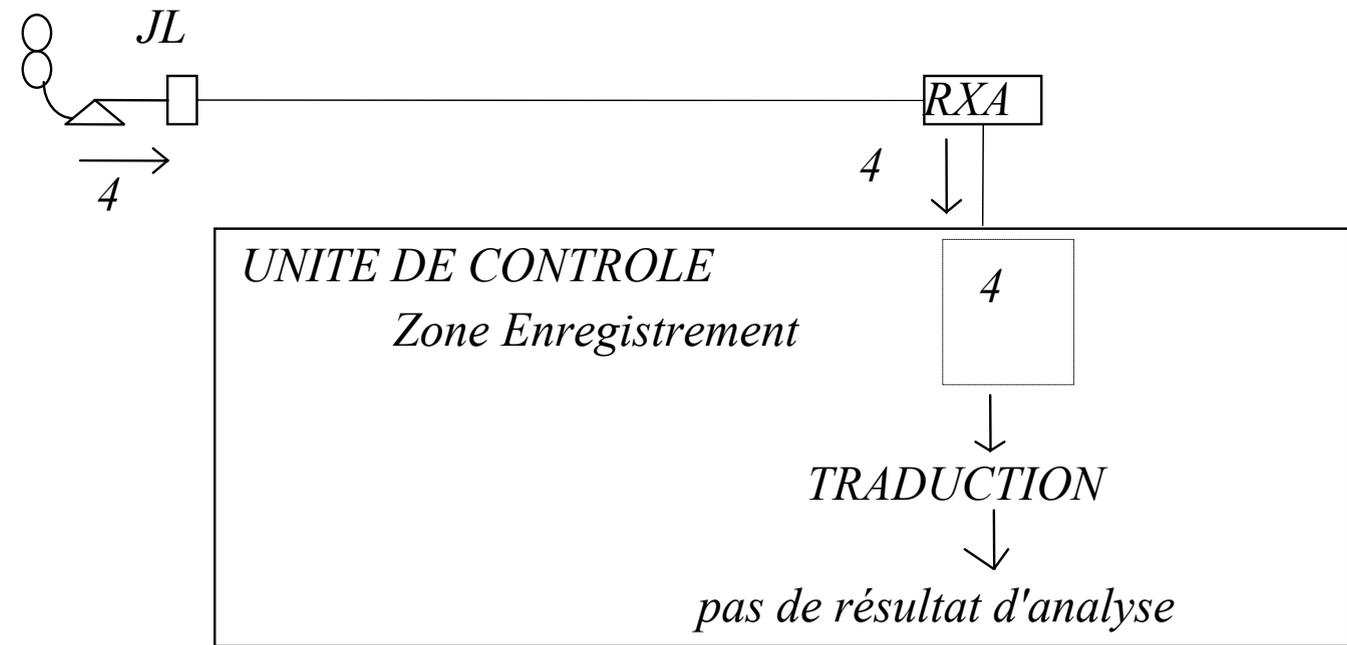
Étapes de la présélection

- Ouverture d'une page mémoire
- Interrogation base de donnée (session d'accès originante) pour récupérer le profil
- Recherche d'une jonction d'accès libre
- Recherche d'un modem inverse (RXA) libre
- Connexion abonné – récepteur
- Envoi de la tonalité

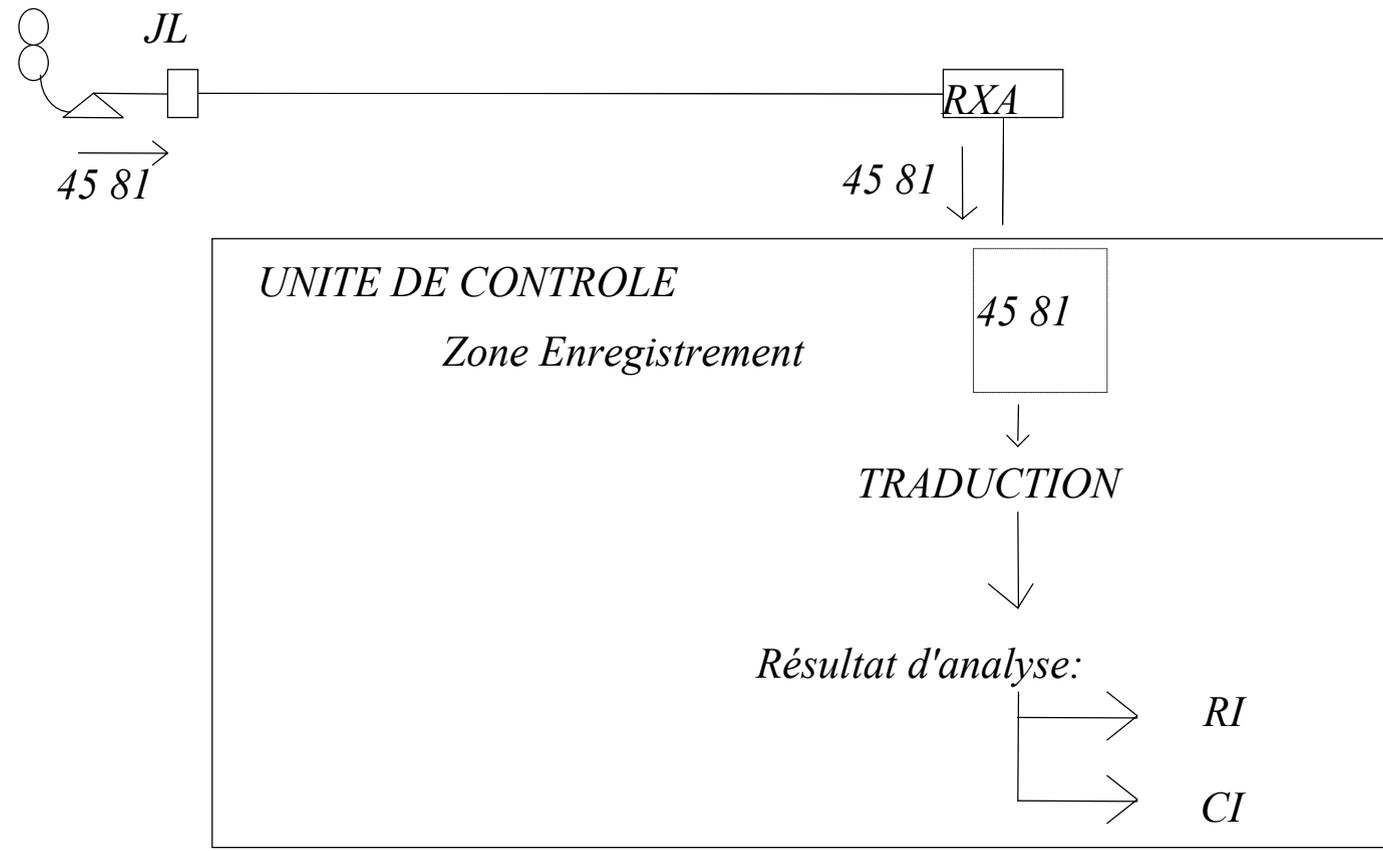
Enregistrement et traduction



Traduction chiffre par chiffre (routage)



Résultat de la traduction (routage)



Résultat d'analyse

RI (ROUTE INDEX) : ACHEMINEMENT

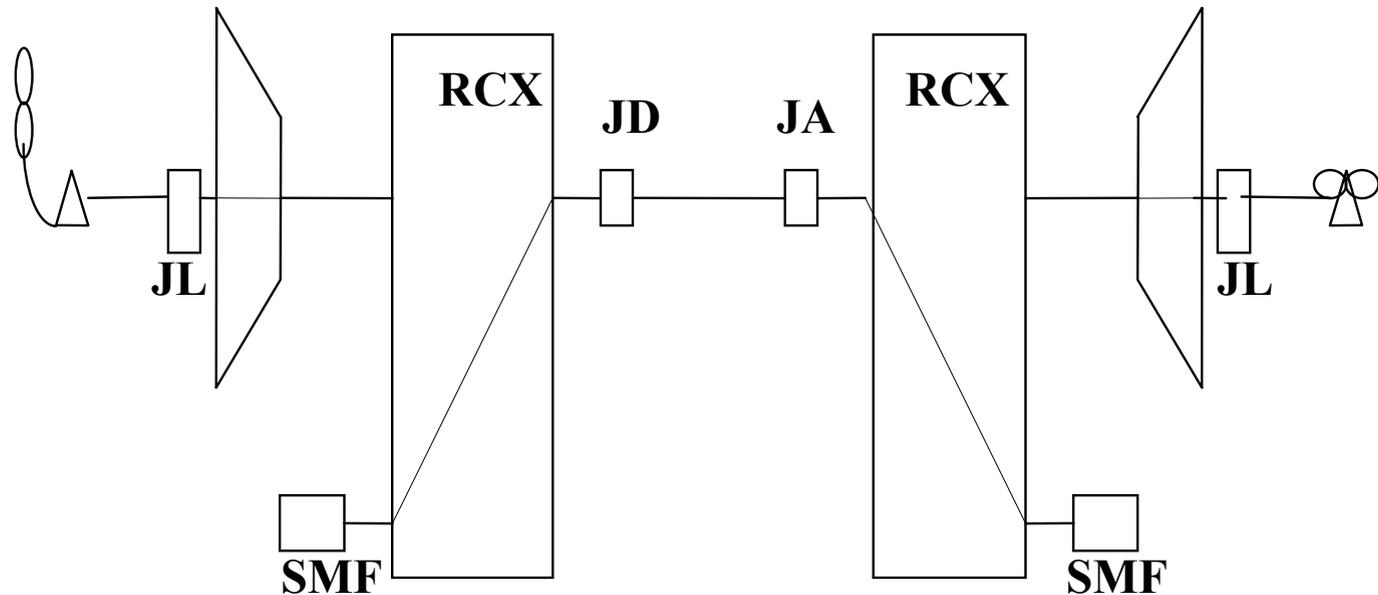
- numéro du faisceau sortant
- numéro du faisceau de débordement
- méthode de signalisation
- nombre de chiffres à envoyer

CI (CHARGE INDEX) : (PALIER DE TAXE)

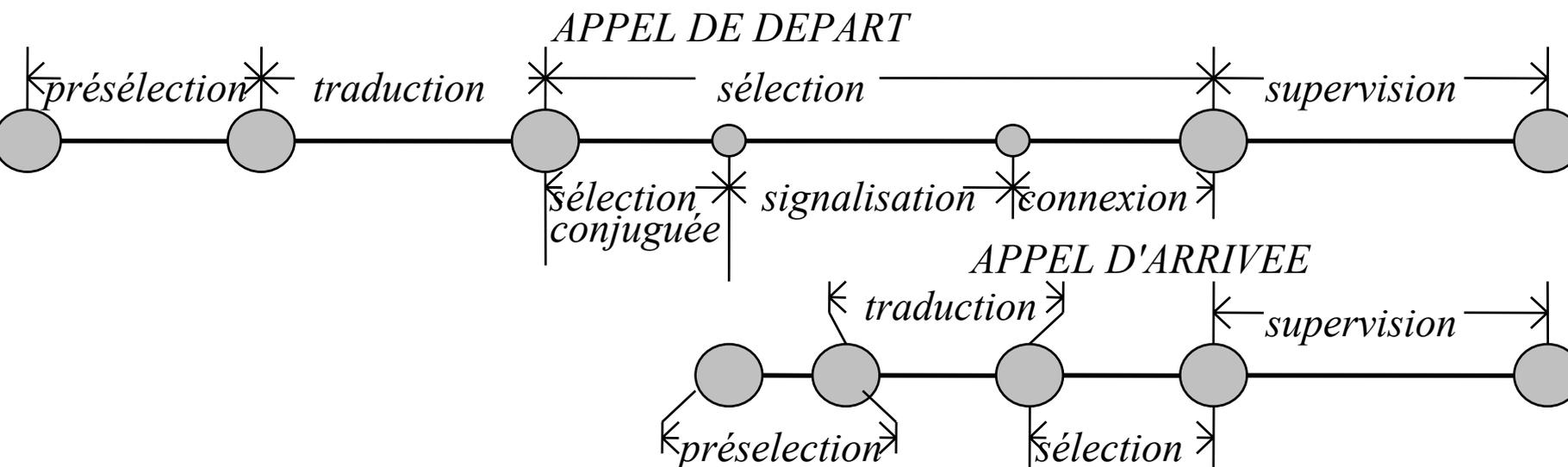
- tarif

La sélection

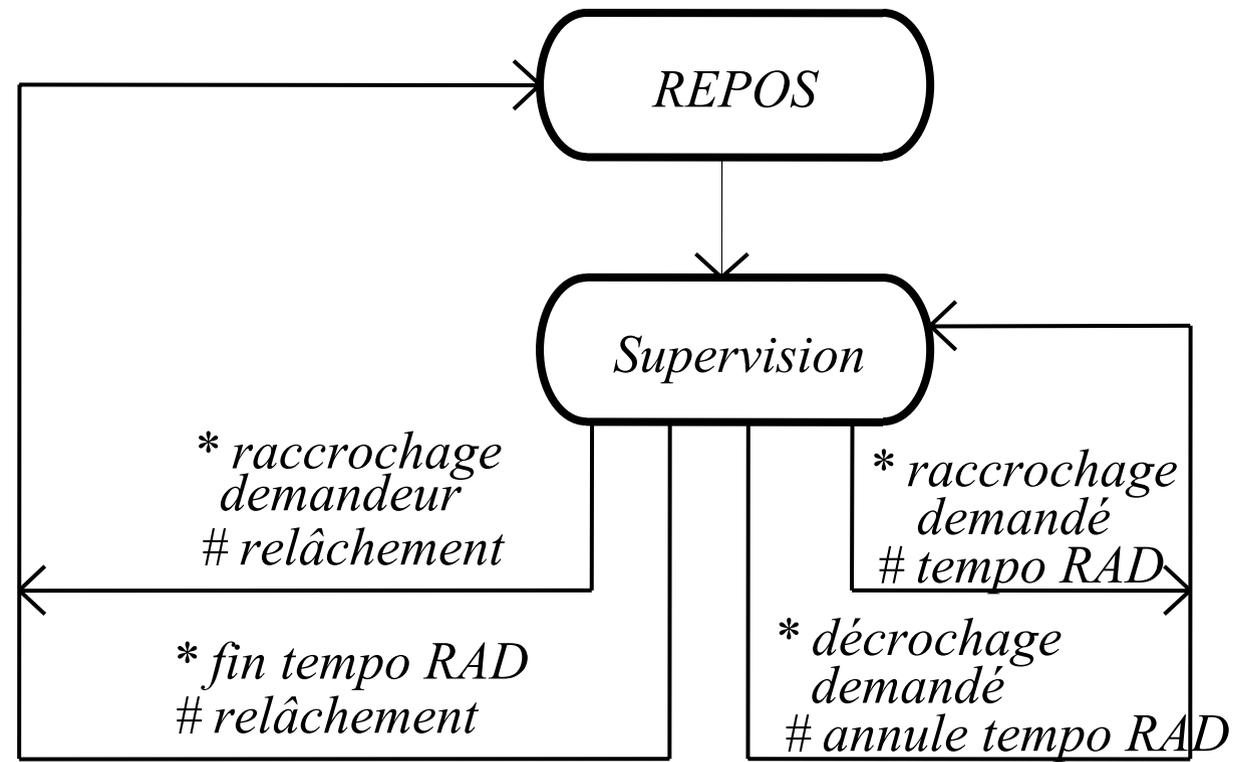
- La sélection est le processus de connexion au central distant. C'est un processus à perte



Sélection : encapsulation de la connexion terminante



Libérations



Le POTS est un processus hybride

Le POTS contient dans le même processus :

- Un service associé appel
- Un appel orienté connexion
- Une connexion réservant des ressources

Le POTS mélange les notions

- De service
- D'appel
- De connexion

La signalisation du POTS est hybride

Q 931 et ISUP mélangent appel et connexion

Il y a des messages d'appel (de bout en bout) :

- PAM (Pass Along Message)

Et des messages de connexion (de proche en proche)

- Setup
- Release

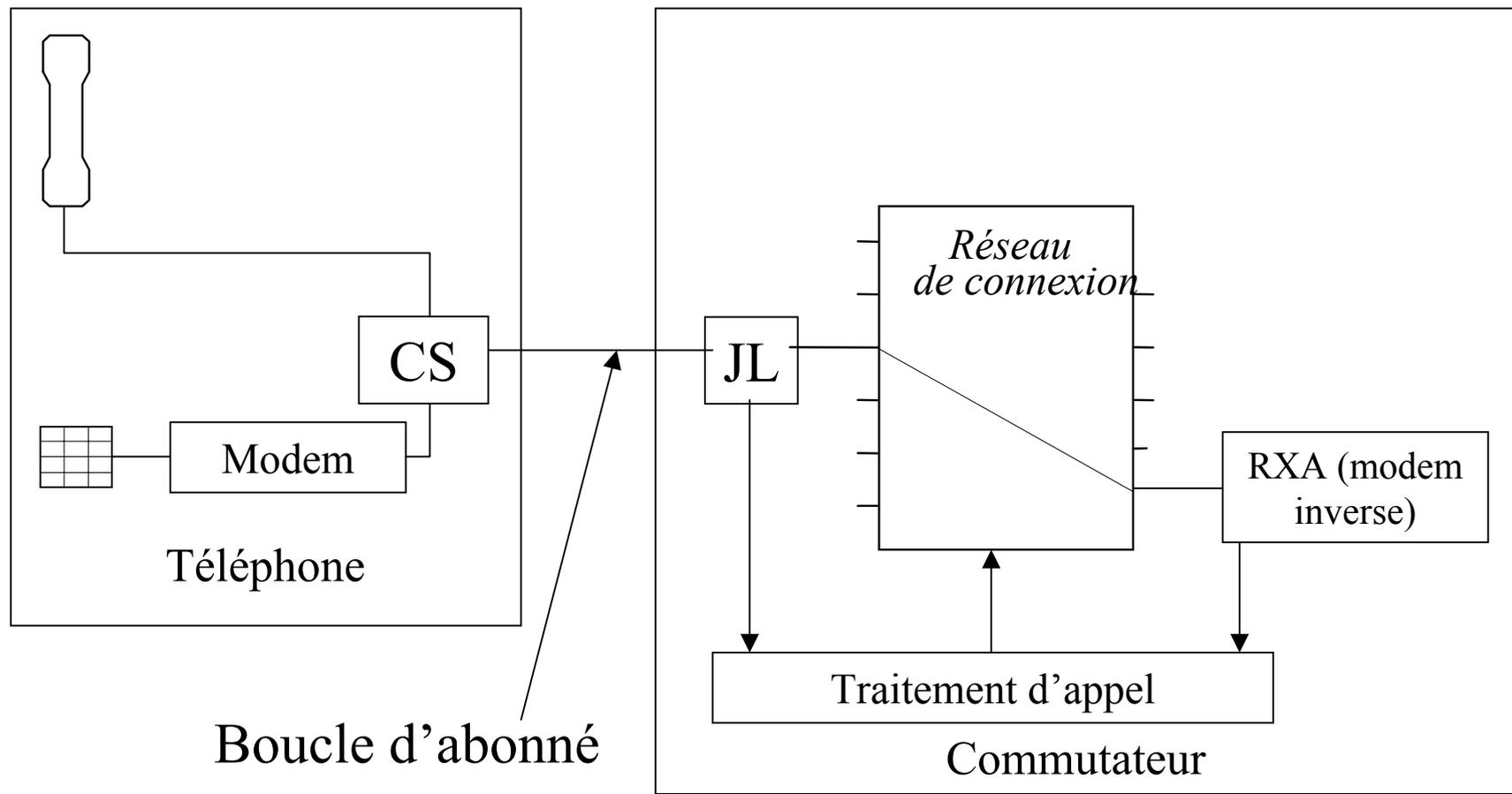
Signalisations sémaphore pour le POTS

| DOMAINE | Legacy protocols |
|------------------|---|
| | |
| Accès | MAP, V 5.2, register (SIP), RAS (H323) |
| Service | Partie de INAP ou de CAP (CAMEL) |
| Appel | H323, SIP |
| Connexion | |

2- Signalisation analogique à l'UNI

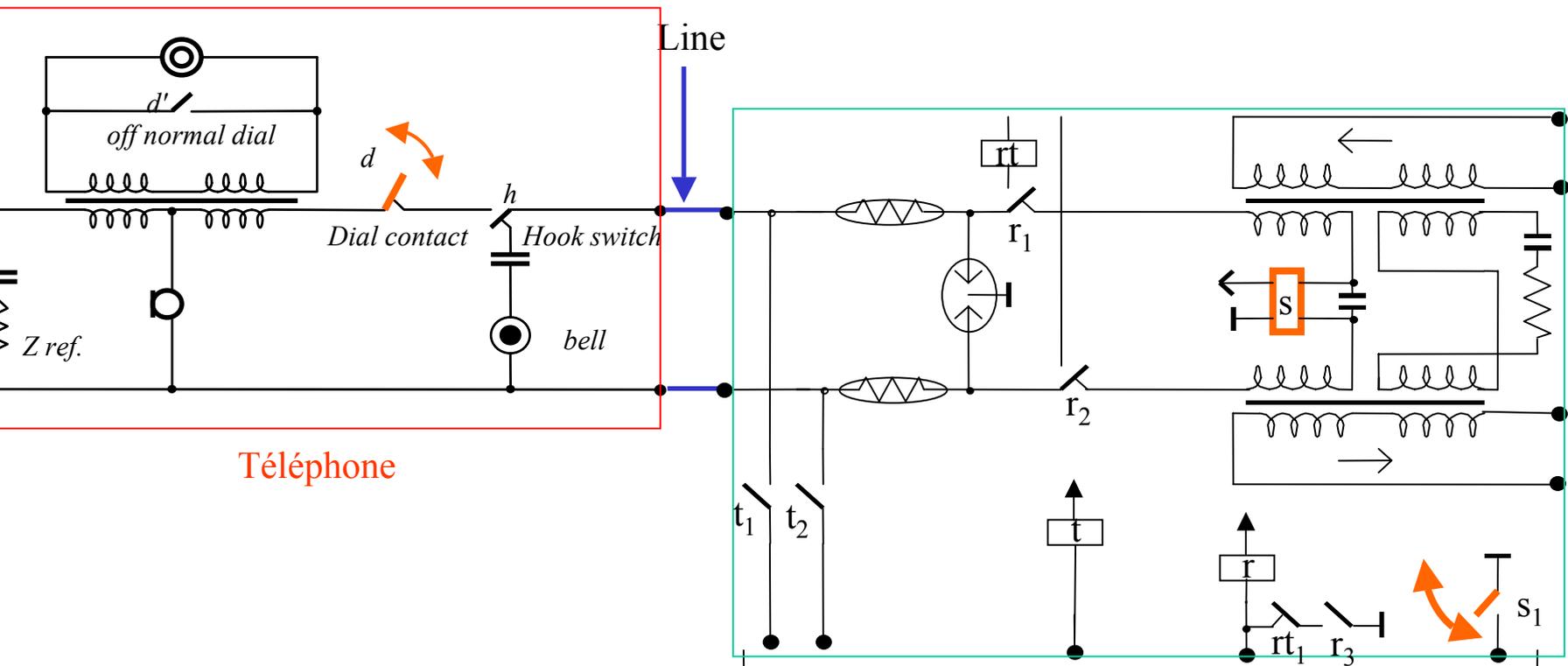
- Les principes du contrôle de connexion
- Signalisation analogique à l'UNI
- Signalisation numérique à l'UNI, le RNIS
- Signalisation numérique au NNI, la signalisation sémaphore
- ISUP

Signalisation voie par voie à l'UNI

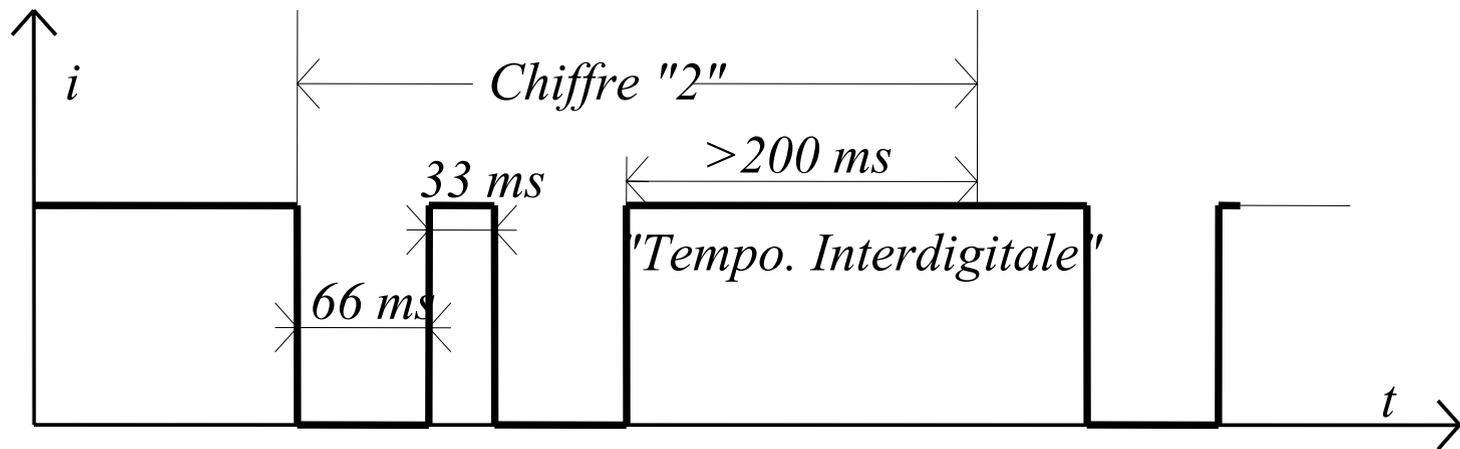


Signalisation décimale (Loop disconnect signaling)

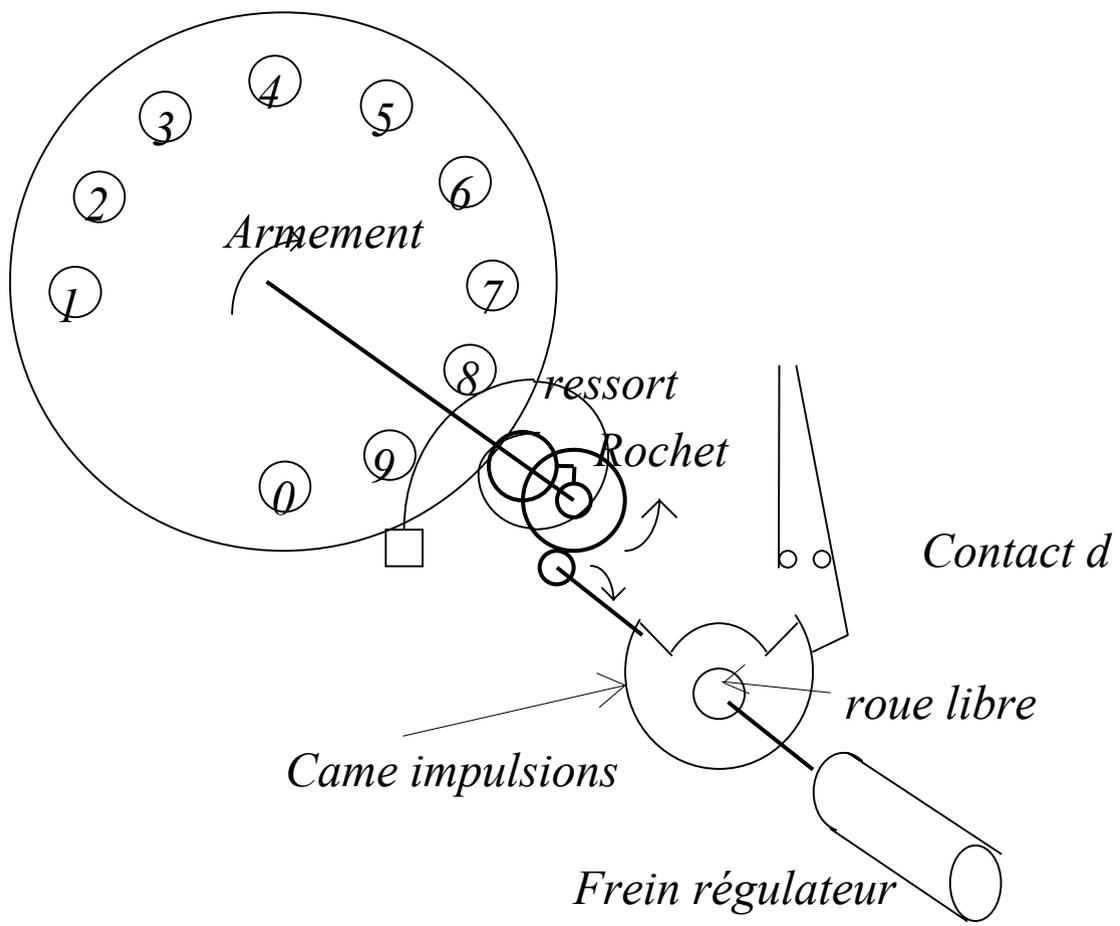
- Le contact repos du cadran crée des impulsions correspondant aux chiffres. Le relais de supervision reproduit les impulsions



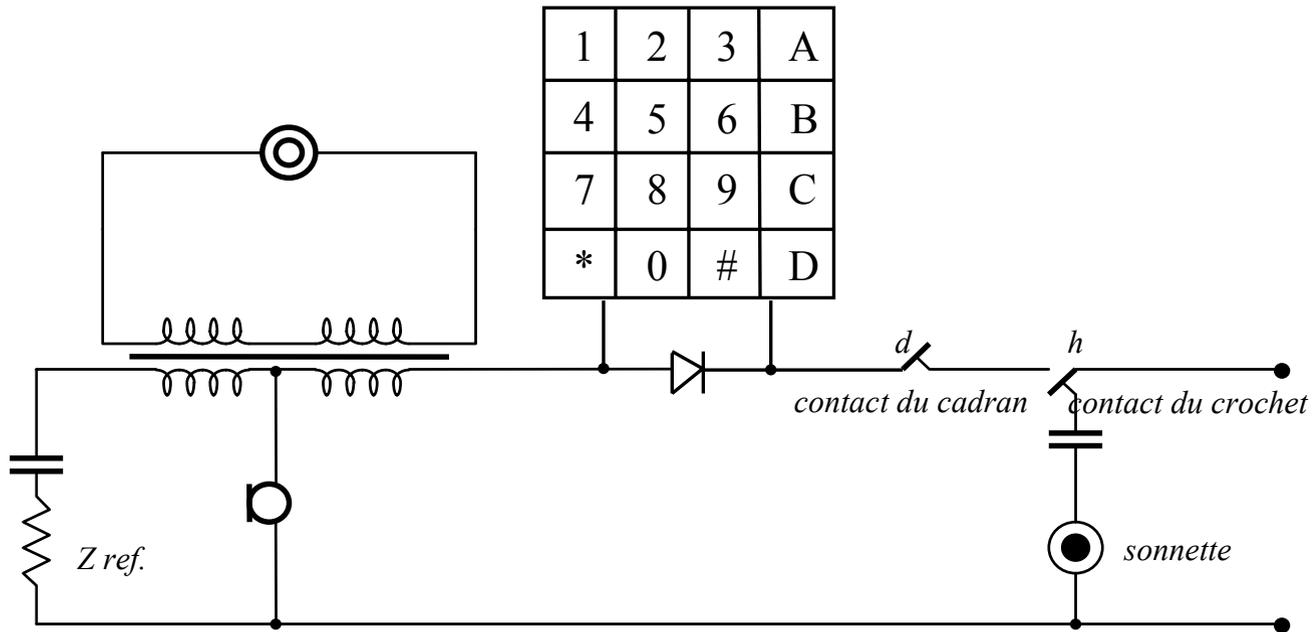
Numérotation décimale



Mécanisme du cadran



Signalisation Q23 (DTMF)



Fréquences Q23

| | <i>1209 Hz</i> | <i>1336 Hz</i> | <i>1447 Hz</i> | <i>1633 Hz</i> |
|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| <i>697 Hz</i> | <i>1</i> | <i>2</i> | <i>3</i> | <i>A</i> |
| <i>770 Hz</i> | <i>4</i> | <i>5</i> | <i>6</i> | <i>B</i> |
| <i>852 Hz</i> | <i>7</i> | <i>8</i> | <i>9</i> | <i>C</i> |
| <i>941 Hz</i> | <i>*</i> | <i>0</i> | <i>#</i> | <i>D</i> |

Raccordement du récepteur

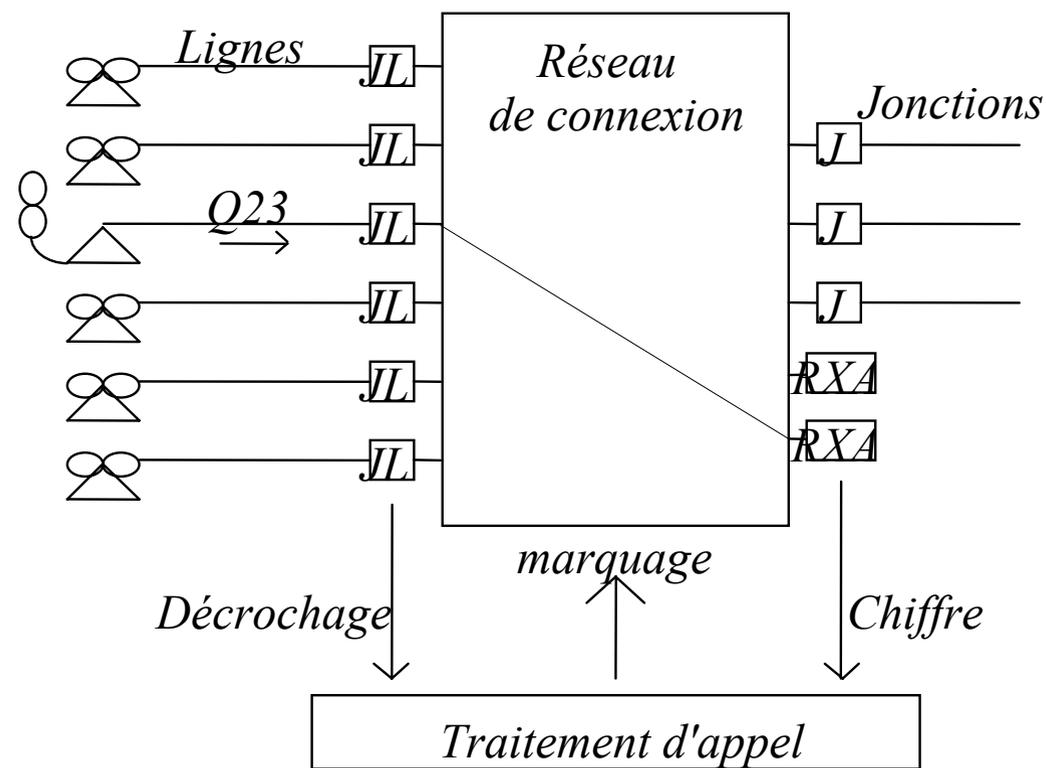
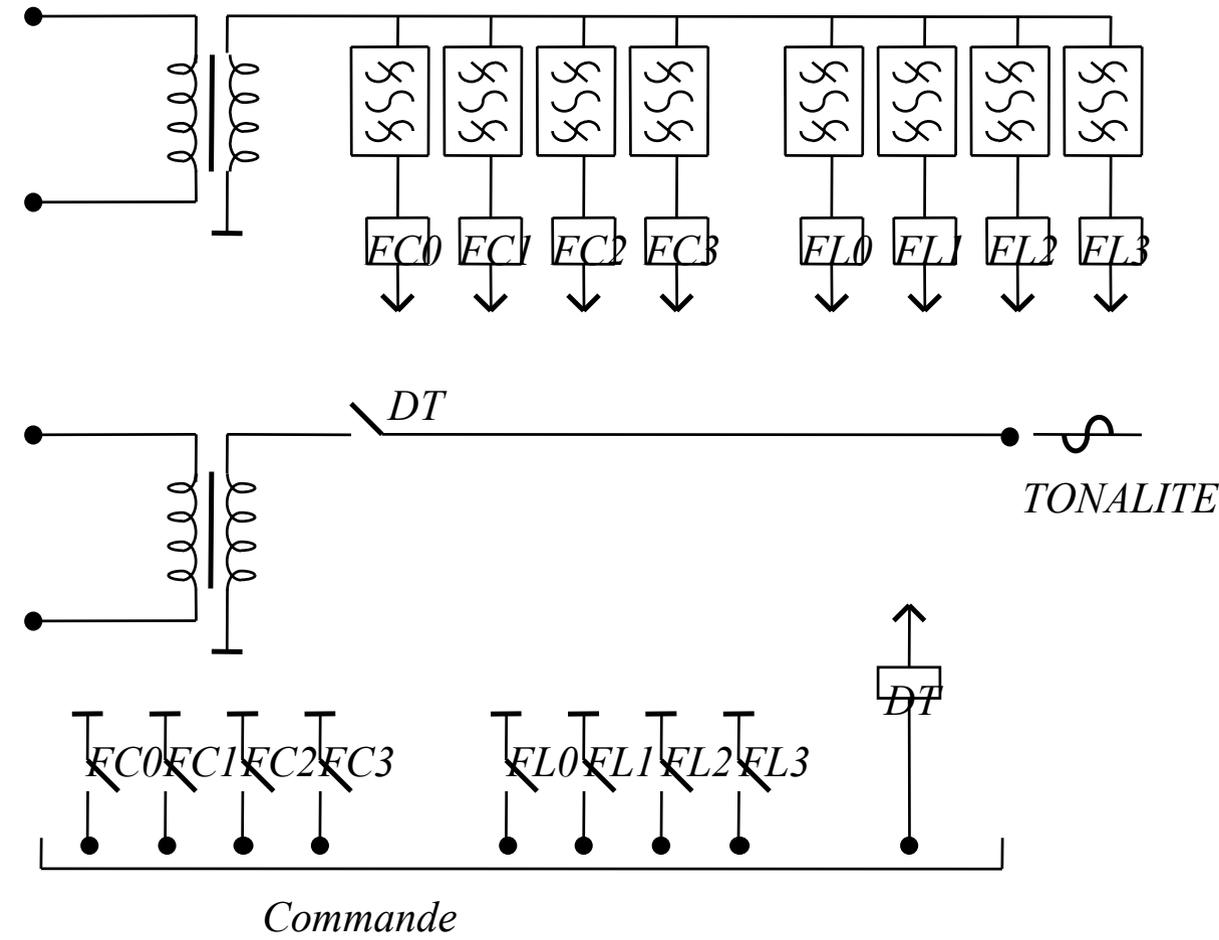


Schéma du récepteur Q23



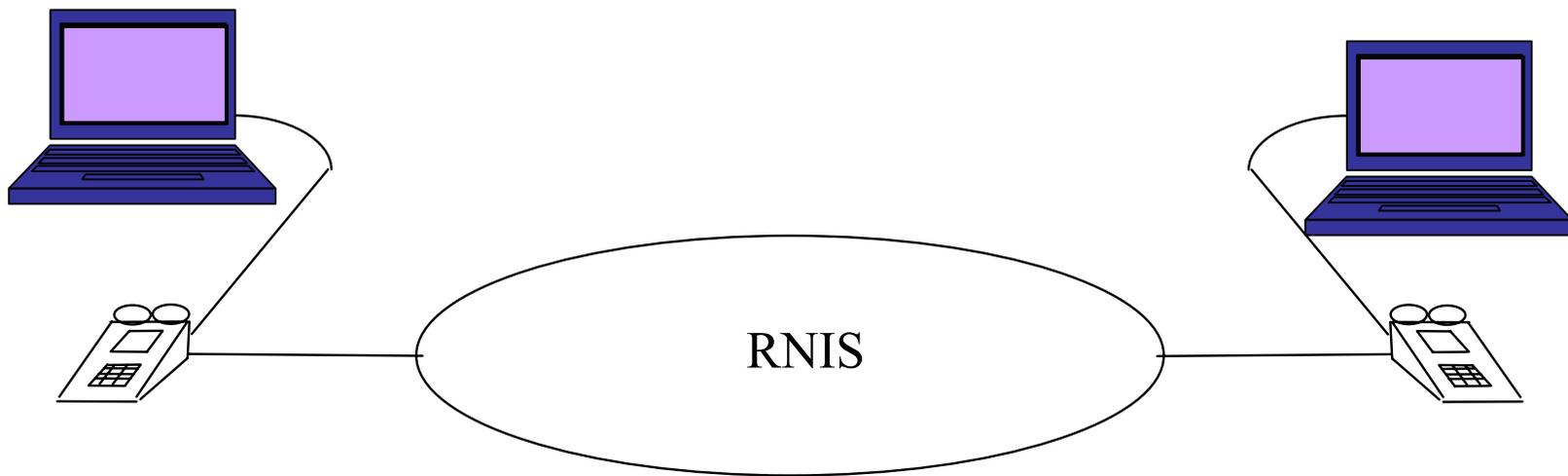
3- Signalisation numérique à l'UNI, le RNIS

- Les principes du contrôle de connexion
- Signalisation analogique à l'UNI
- Signalisation numérique à l'UNI, le RNIS
- Signalisation numérique au NNI, la signalisation sémaphore
- ISUP

Sommaire

- Conditions du RNIS
- Canaux et accès
- L'interface S
- Services RNIS
- Télé-services
- Services support
- Versions numériques

L'UNI numérique : RNIS



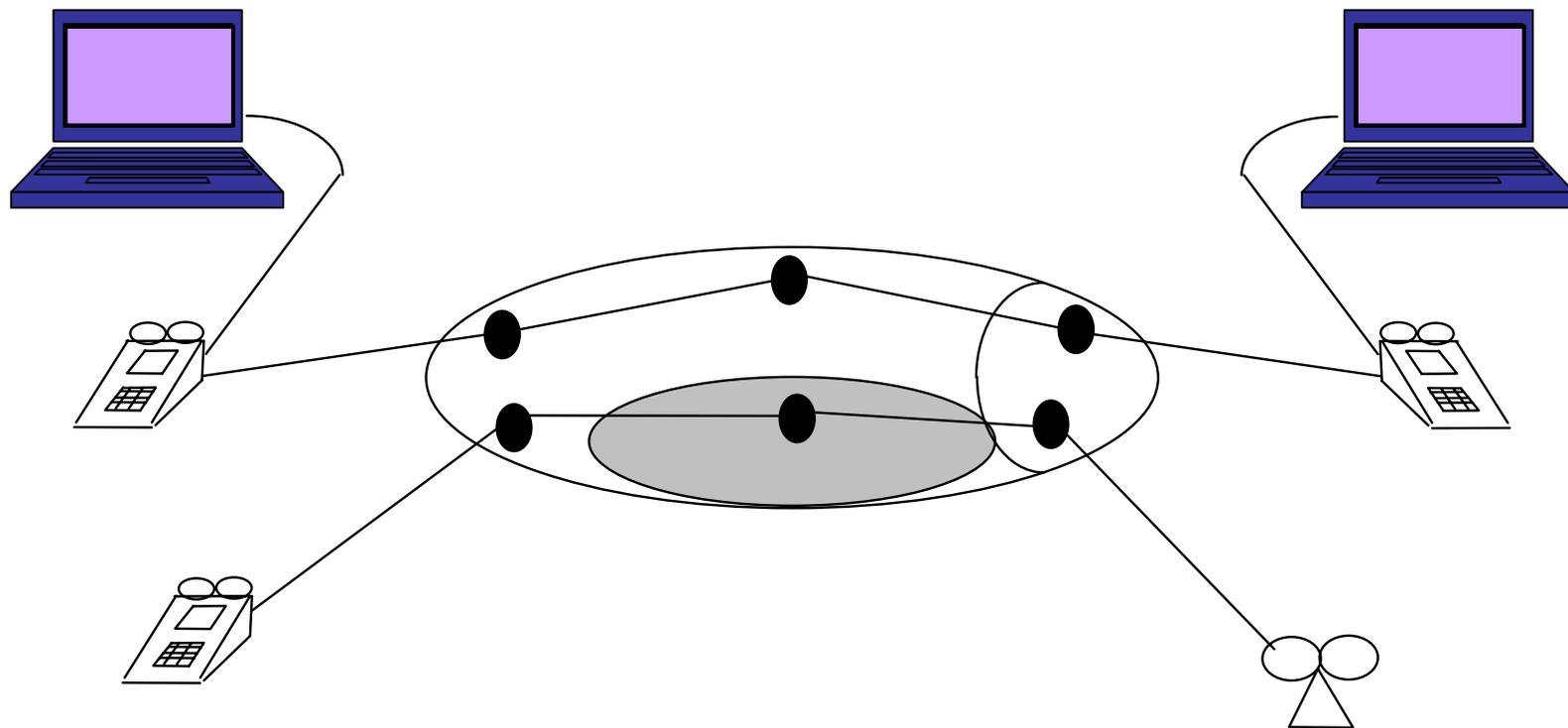
Numériser, pour quoi faire?

- Plusieurs services simultanément
- Transmission de données de qualité (sans modem)
- Bénéficiaire d'une interface en mode paquet taxé à l'usage et non à la durée
- Bénéficiaire de nouveaux services et compléments de services

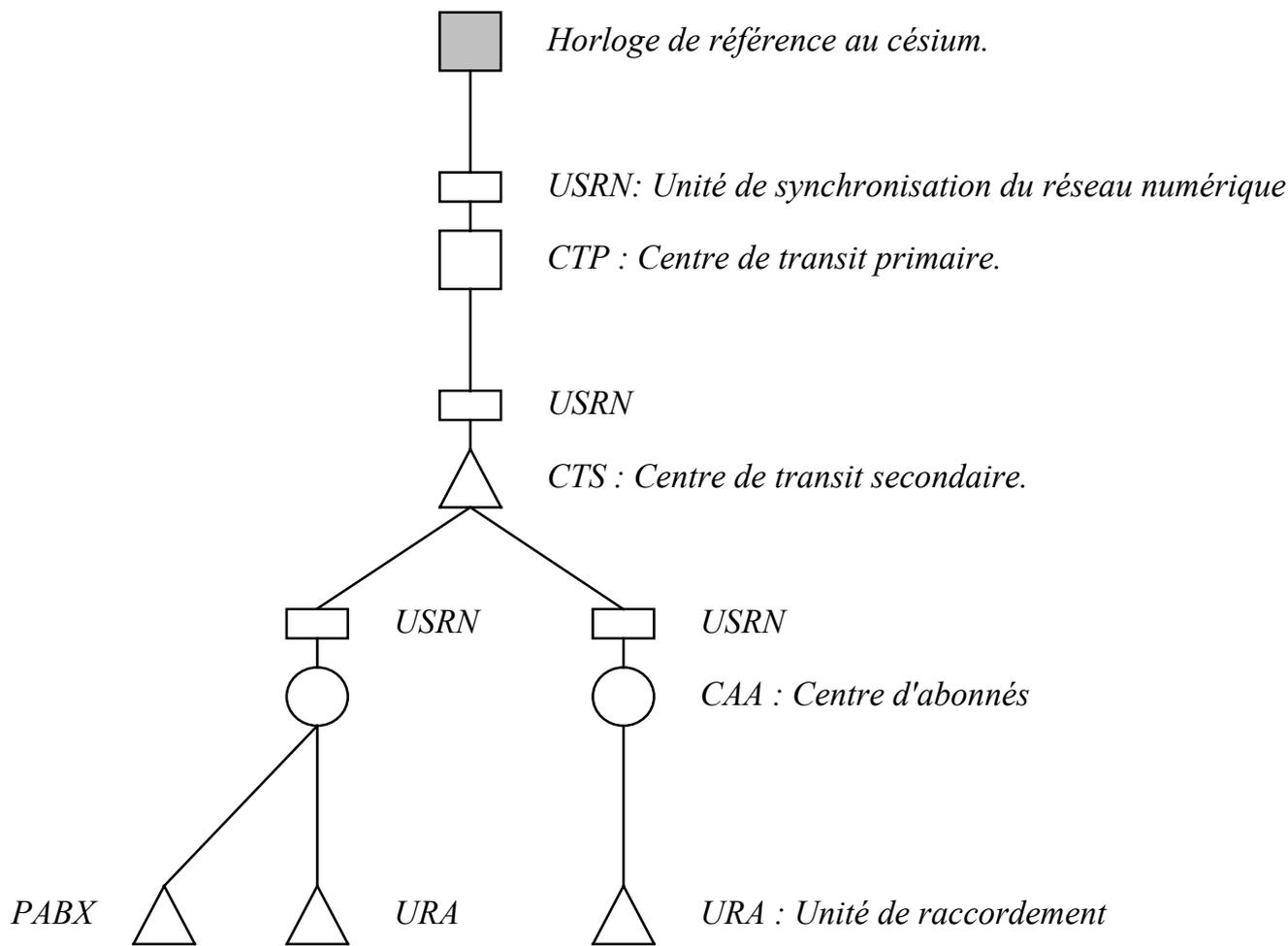
Un défi technologique : les 4 conditions du RNIS

- Isochronisation du réseau
- Connexité numérique
- Connexité de signalisation sémaphore
- Réalisation d'une transmission numérique full duplex sur 2 fils (annulation d'écho)

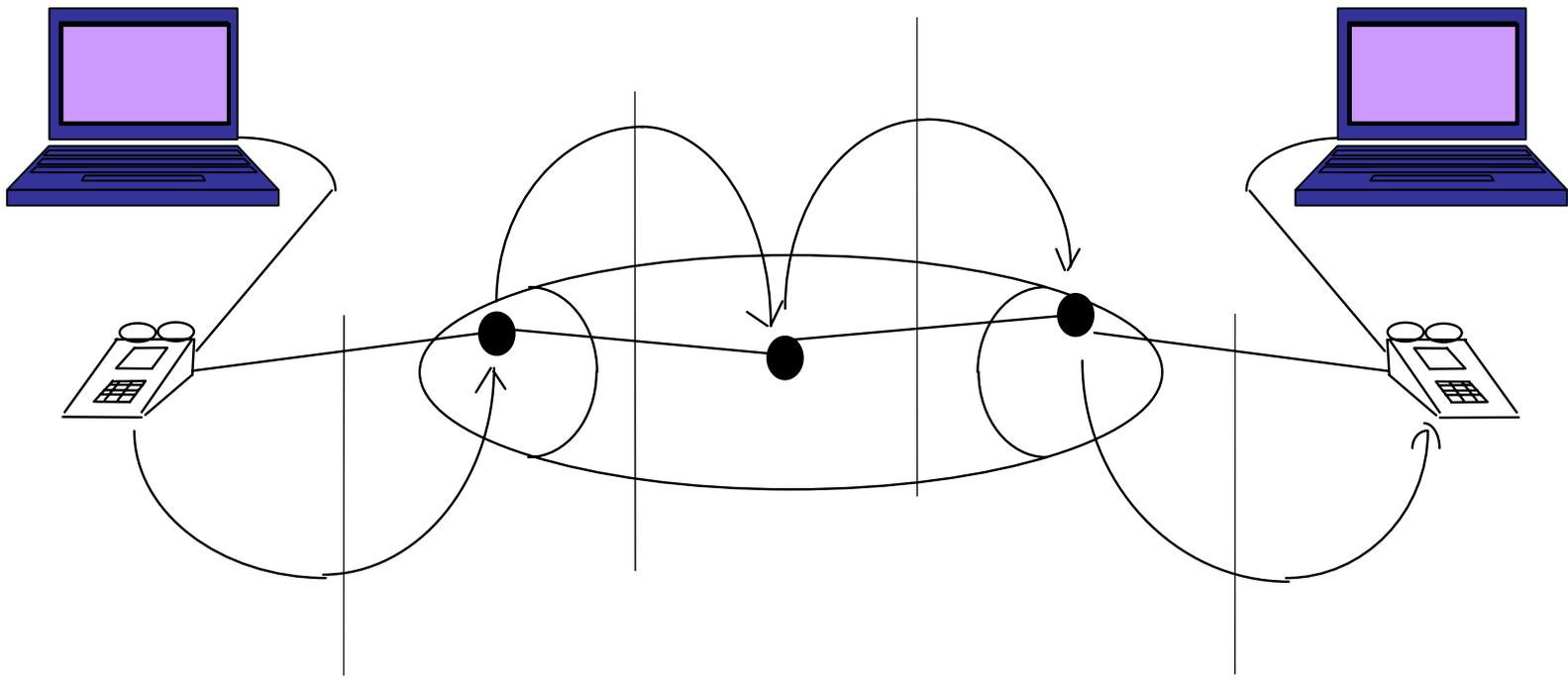
Nécessité de la connexité numérique



Nécessité de l'isochronisation



Nécessité de la connexité de signalisation sémaphore



Les Canaux RNIS

CANAUX EXPLOITES EN MODE CONNECTE (circuit)
(tarification à la durée)

B : 64 Kbit/s

H :

CANAUX EN MODE SANS CONNEXION (paquet)

D : 16 ou 64 Kbit/s

MALHEUREUSEMENT, le canal D de l'accès de base n'est
qu'à 16 Kbit/s

Les accès RNIS

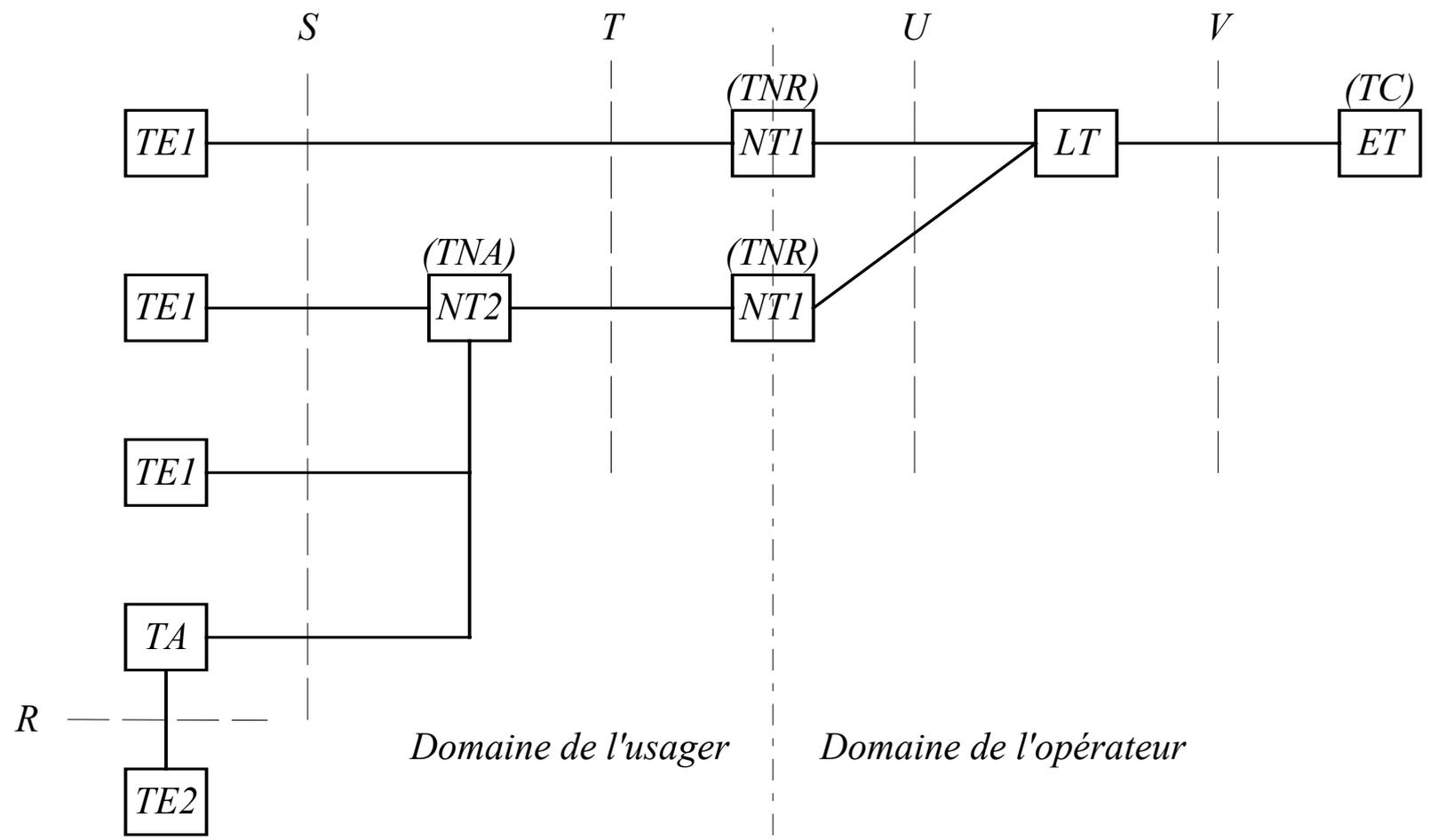
L'ACCES DE BASE 2B+D

$$2 \times 64 \text{ Kbit/s} + 16 \text{ Kbit/s} = 144 \text{ Kbit/s}$$

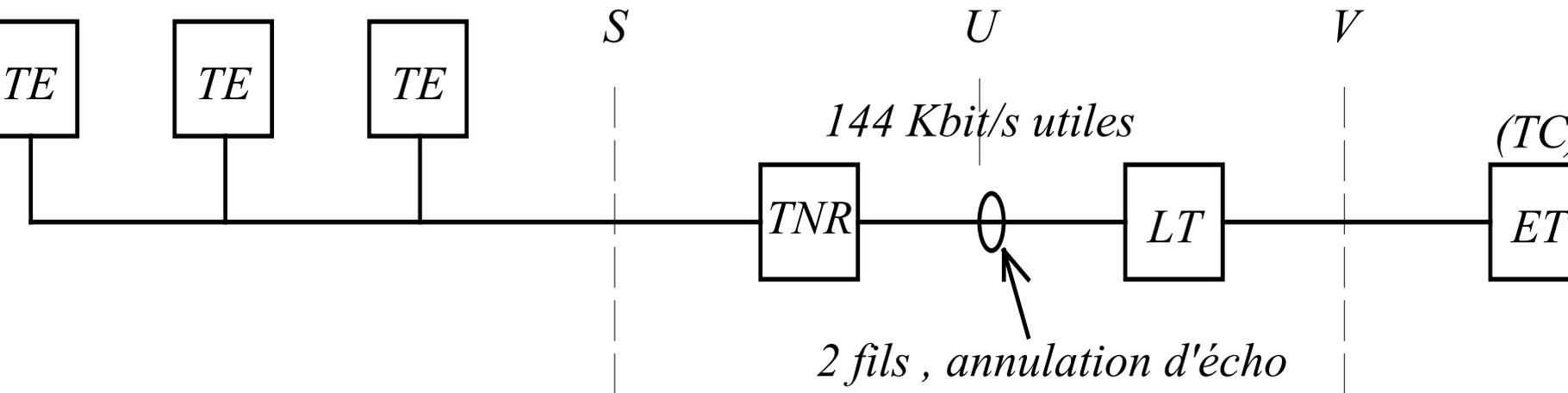
L'ACCES PRIMAIRE 30B+D

$$30 \times 64 \text{ Kbit/s} + 64 \text{ Kbit/s} = 1984 \text{ Kbit/s}$$

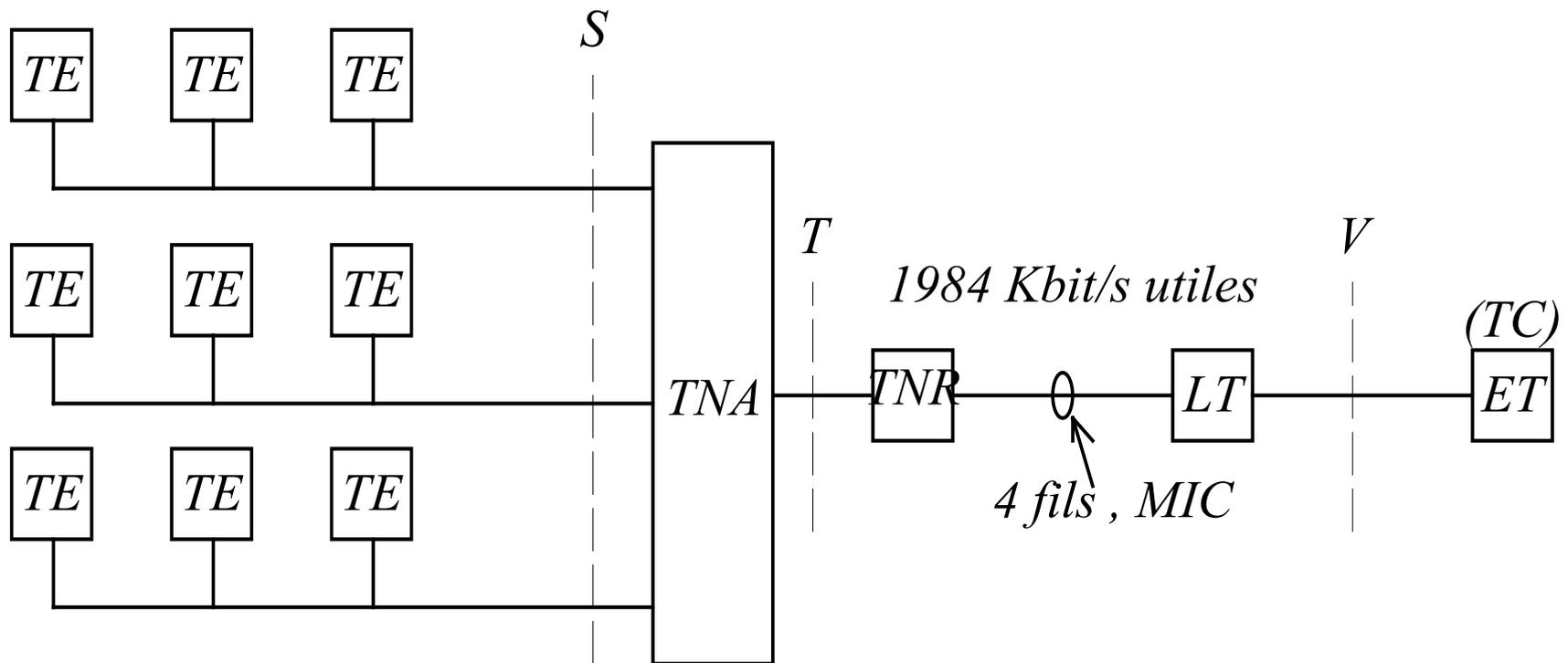
Groupes fonctionnels et points de référence



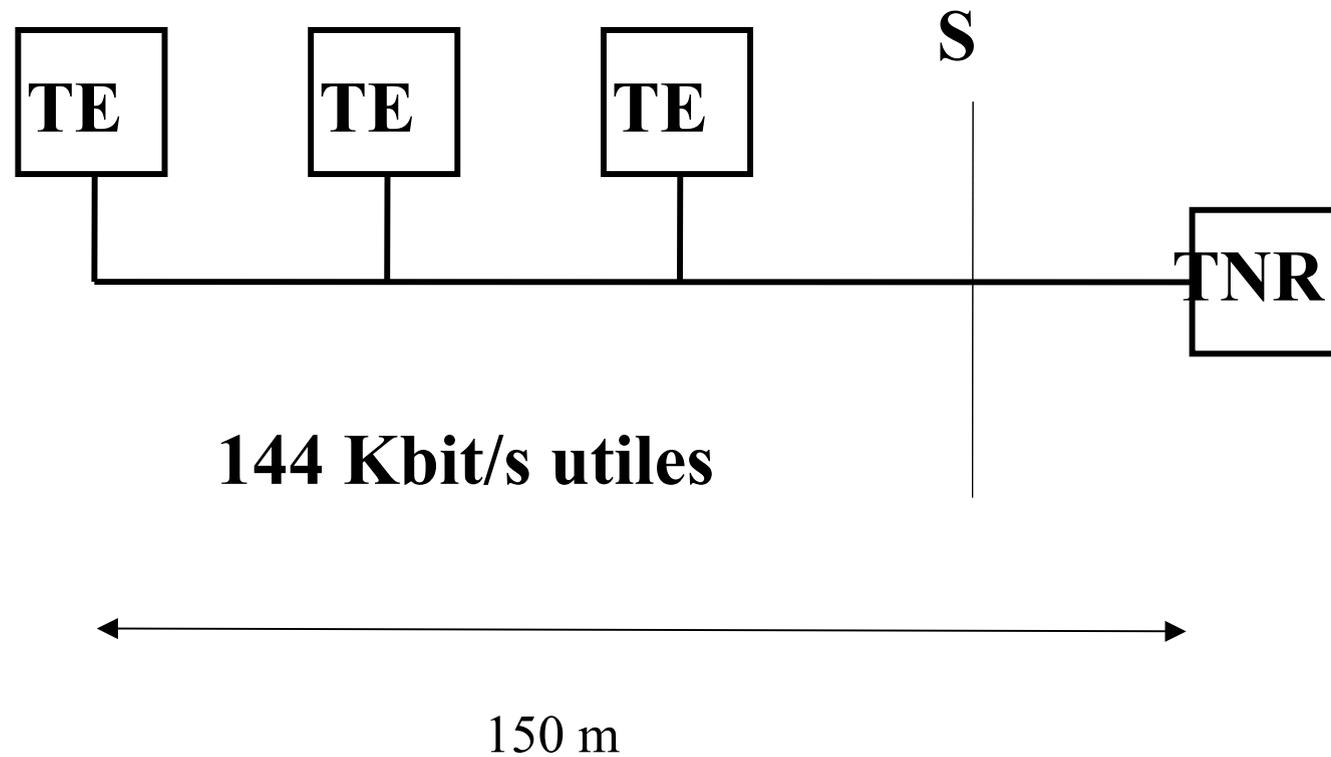
L'accès de base



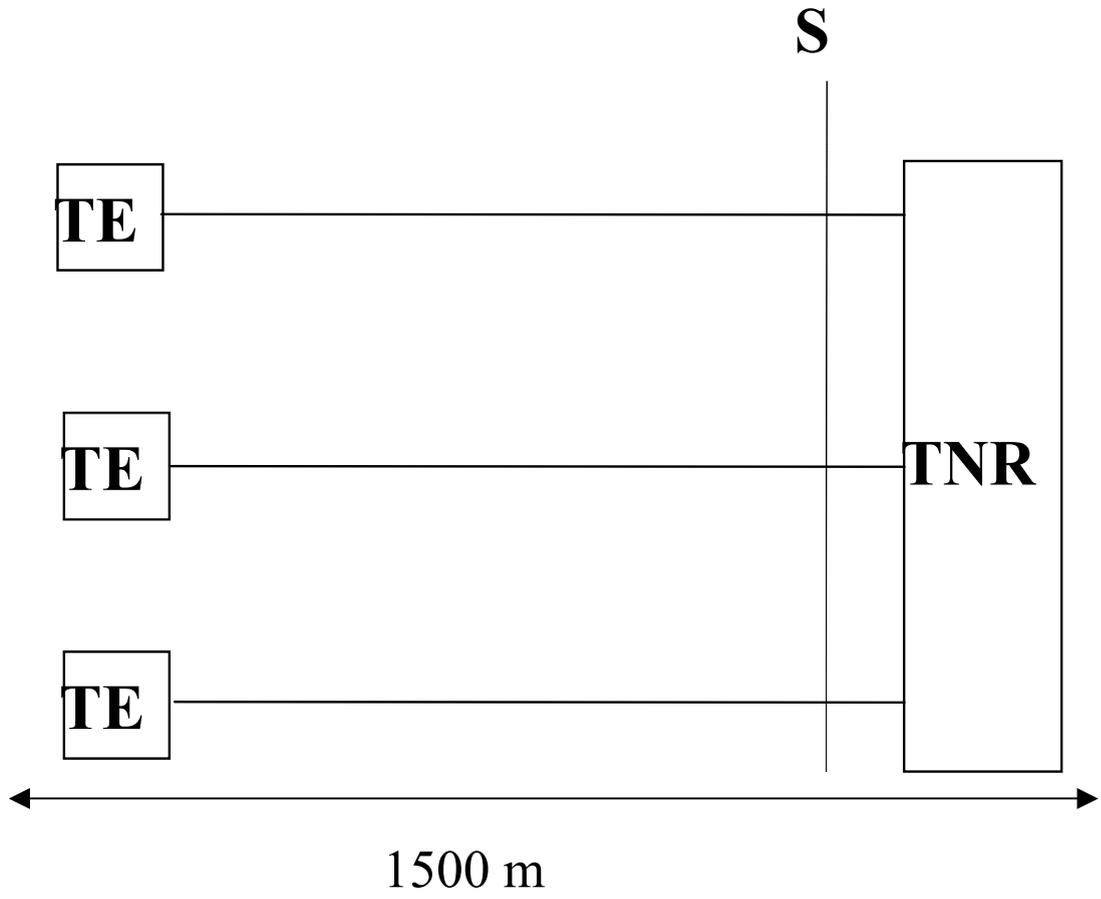
L'accès primaire



Interface S Bus passif



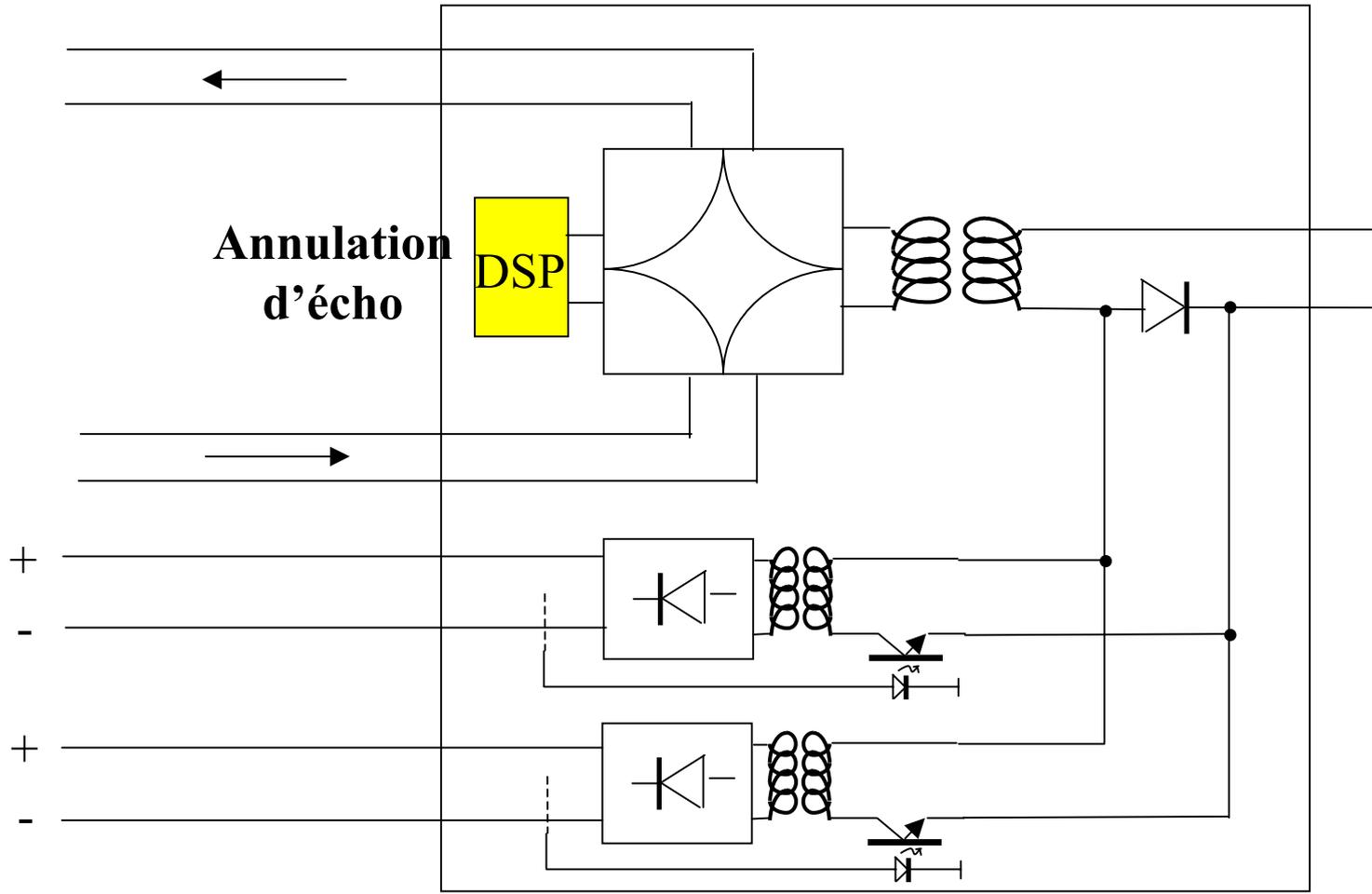
Interface S configuration point à point



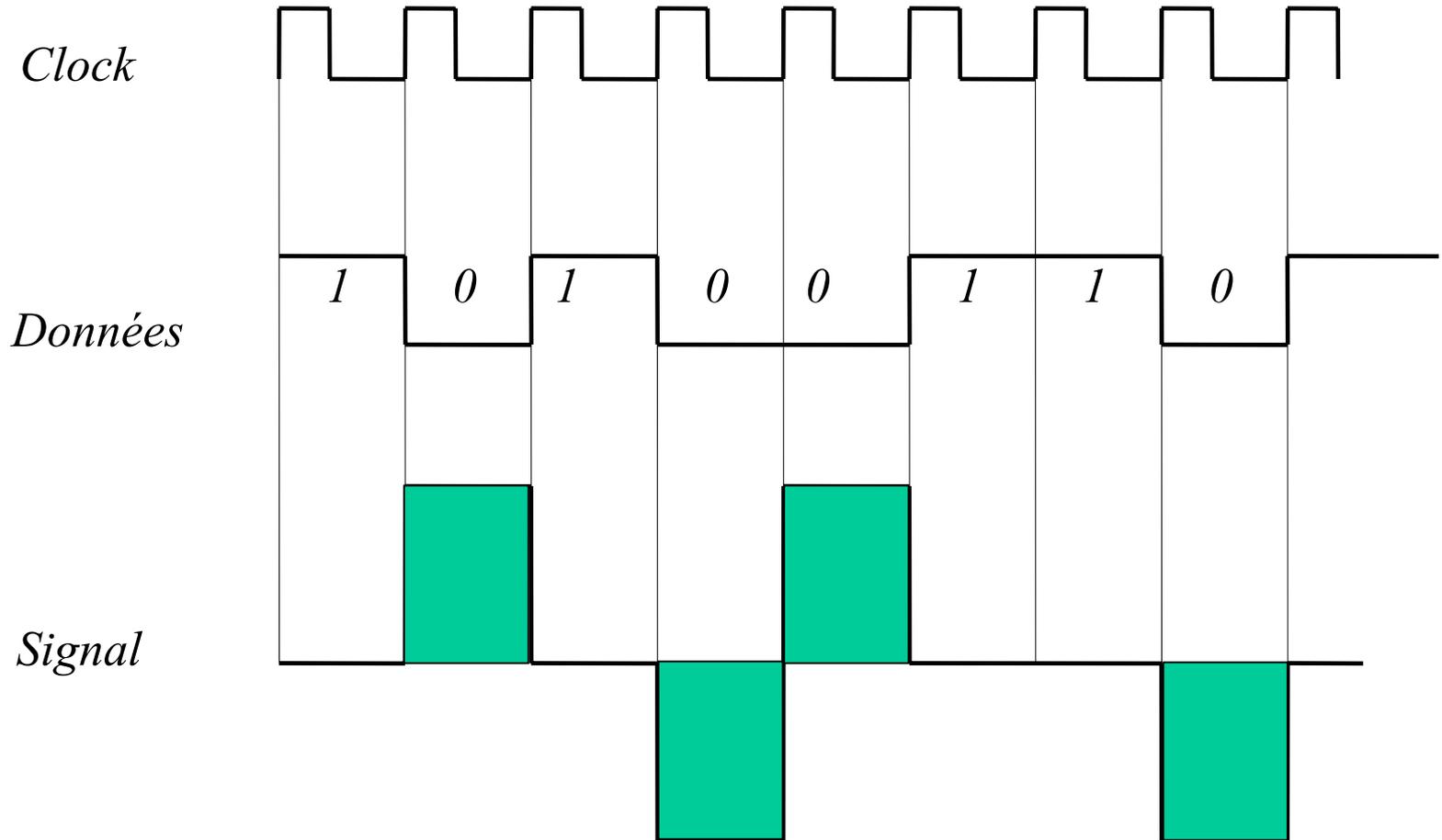
L'interface S : caractéristiques

- Interface 8 fils, connecteur RJ 45
- Code en ligne pseudo ternaire
- Multiplexage 2B+D au niveau physique par 4000 trames/s de 48 bits
- Accès multiple CSMA/CR pour le canal D
- Procédure de niveau 2 du canal D de type LAP D
- Numérotation en mode bloc ou en mode stimulus

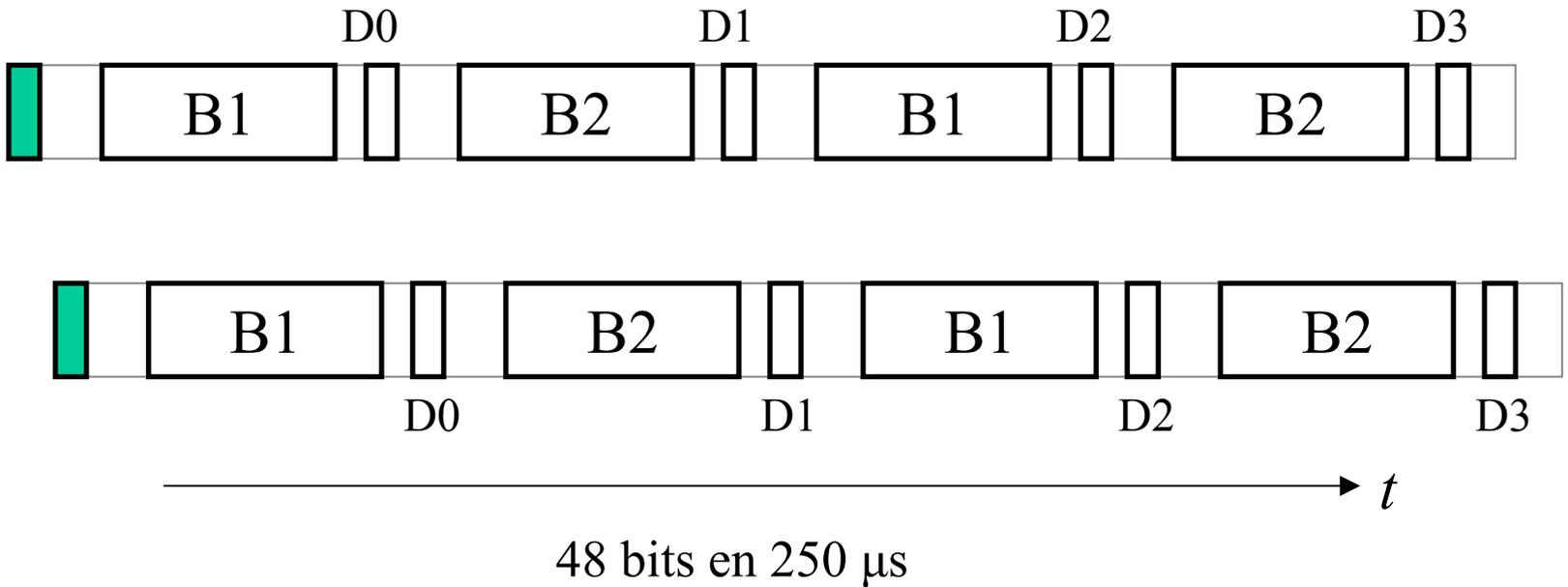
L'interface S : Rôle de la TNR



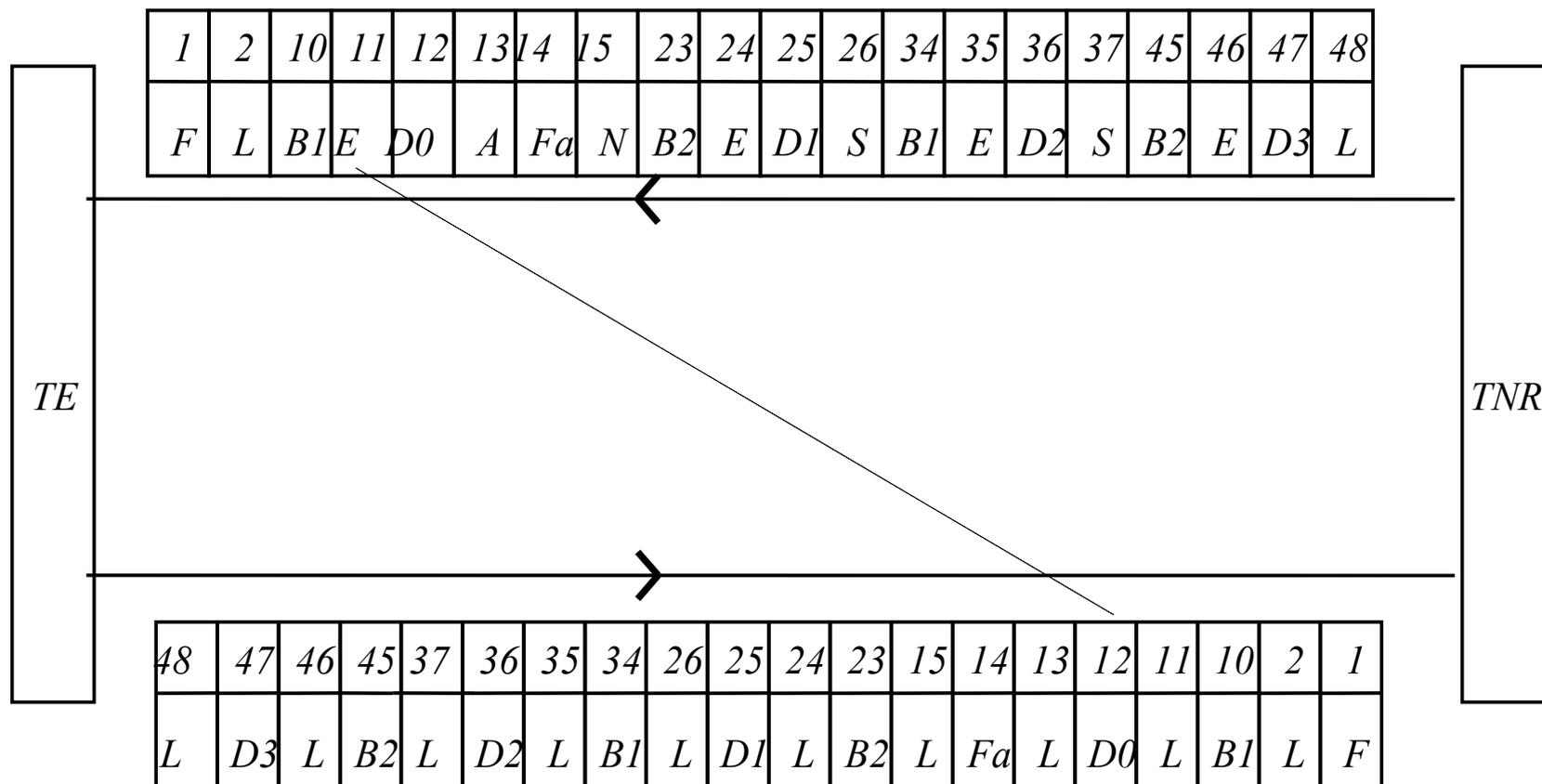
Interface S : code en ligne



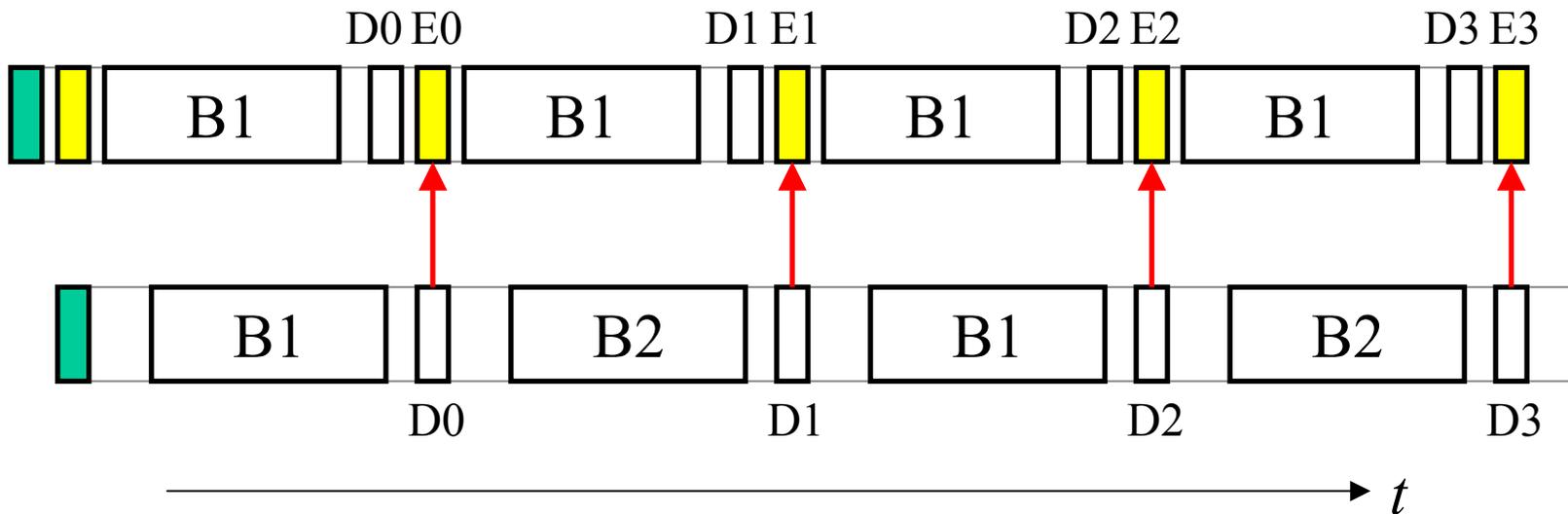
Niveau 1 : multiplexage des canaux



Multiplexage des canaux

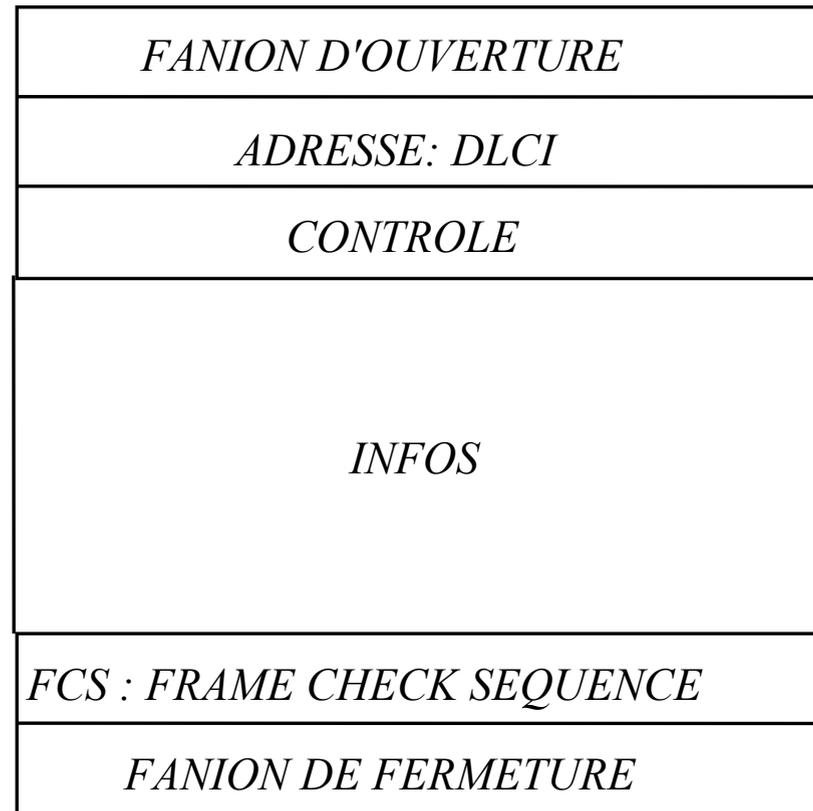


Niveau 1 : CSMA-CR

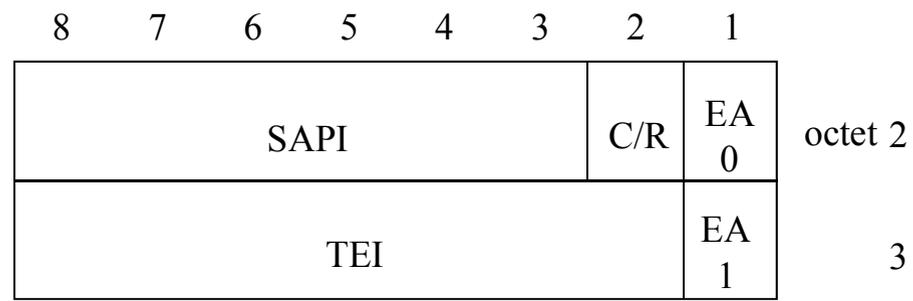


| | |
|------------|-------|
| Terminal 5 | 1 0 1 |
| Terminal 1 | 0 0 1 |
| Code écho | 0 0 1 |

Niveau 2 : trames LAP D



DLCI : SAPI et TEI



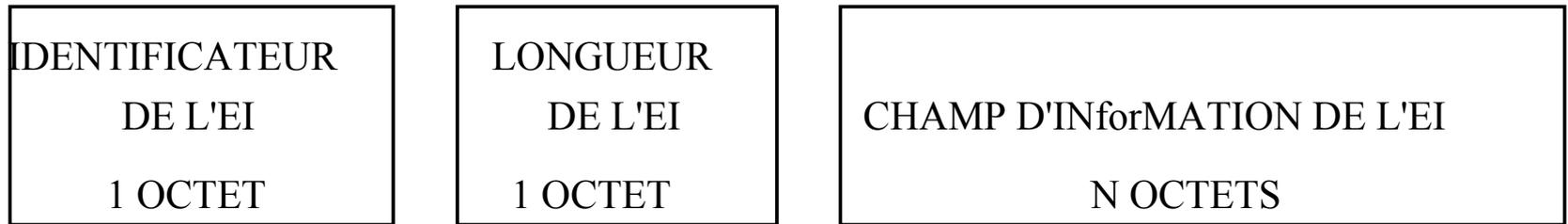
T1161620-94

- EA élément binaire d'extension du champ d'adresse
- C/R élément binaire de commande/réponse
- SAPI identificateur de point d'accès au service
- TEI identificateur de point d'extrémité de terminal

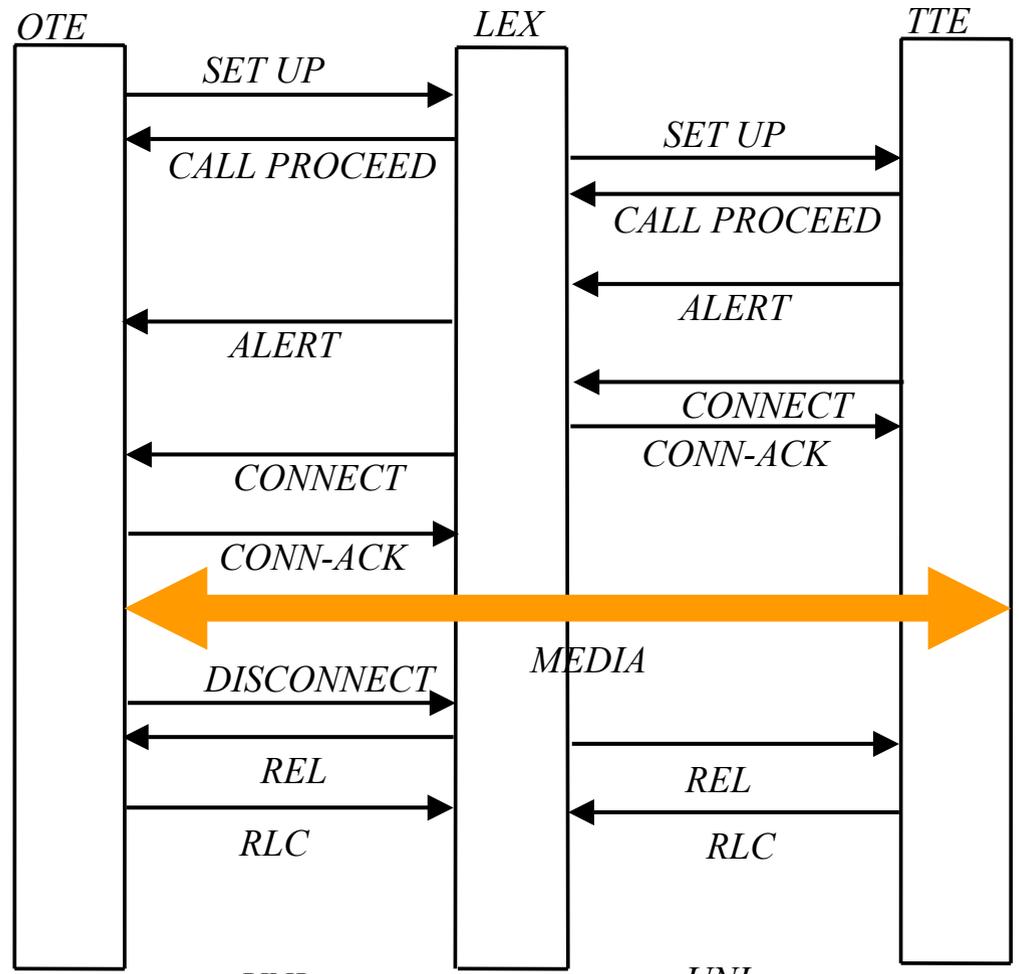
Niveau 3 : signalisation Q931



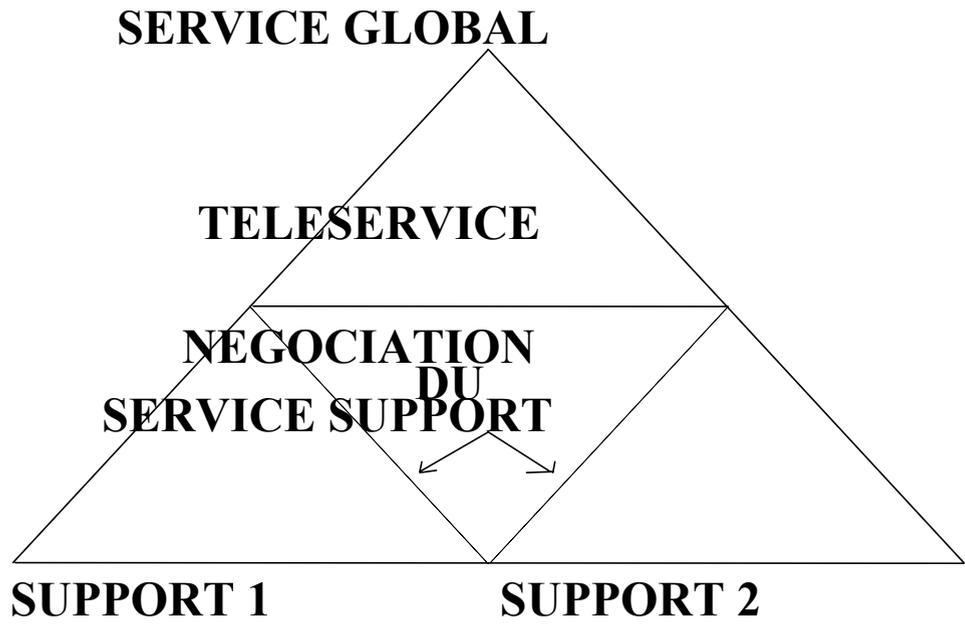
Q931: élément d'information



Q931: chronogramme des échanges

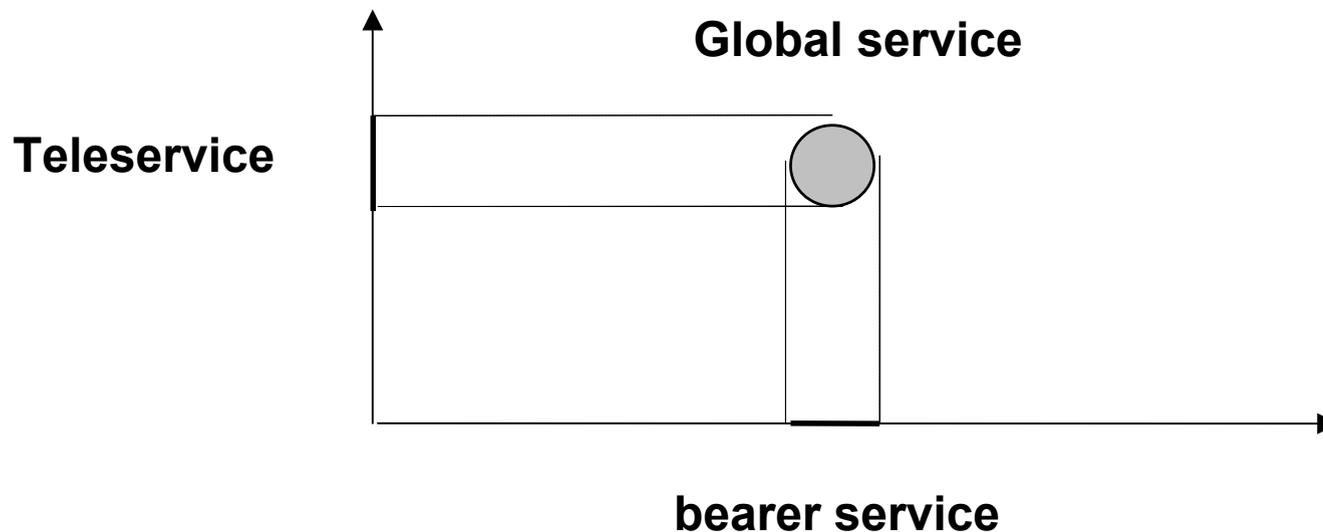


Services RNIS



Téleservice et service support

- Le téleservice est souvent considéré comme pouvant se décliner sur une variété de services supports.



Complément de service

- Un complément de service est un ajout optionnel à un téléservice.

Téléservice

- Un service de télécommunication est un service nécessitant le transfert de signaux
- Un téléservice est défini par l'UIT (Q9) comme un service de télécommunication qui englobe tous les aspects de la communication, y compris les fonctions des terminaux, conformément à des protocoles

Téléservice (exemples)

- Téléphonie 4 Khz ou 7 Khz
- télécopie 64 Kb/s groupe 4.
- téléaction 16 Kb/s.
- visiophonie 128 Kb/s.
- téléconférence 384 Kb/s.
- videotex photographique.
- audiovideotex 64 Kb/s.
- télétext 16 Kb/s ou 64 Kb/s.

Classification des téléservices

- Services interactifs
 - Services conversationnels
 - ✓ Téléphonie, visiophonie, transmission de données transactionnelle
 - Services de messagerie
 - ✓ Email, messagerie vocale, messagerie multimédia
 - Services d'information
- Services diffusés
 - Sans contrôle de l'utilisateur (TV, radio)
 - Avec contrôle de l'utilisateur (video on demand)

QOS des divers téléservices

- Services interactifs
 - Services conversationnels
 - ✓ Téléphonie, visiophonie, transmission de données transactionnelle : **faible délai de transfert**
 - Services de messagerie
 - ✓ Email, messagerie vocale, messagerie multimédia : **délai de transfert non spécifié**
 - Services d'information
- Services diffusés
 - Sans contrôle de l'utilisateur (TV, radio)
 - Avec contrôle de l'utilisateur (video on demand)

Service support

- Un réseau fournit un service support si les signaux délivrés aux points de destination sont les mêmes que les signaux fournis par le point d'origine
- La qualité de service détermine les paramètres du service support
- L'un des paramètres essentiels est le temps de transfert de bout en bout.

Services support (examples)

64 Kb/s, transparent commuté : CCBT

64 Kb/s, CCBNT

64 Kb/s, sans connexion.

paquets, 64 Kb/s, canal B

paquets, 16 Kb/s, canal D

4- Signalisation numérique au NNI

La signalisation sémaphore

- Les principes du contrôle de connexion
- Signalisation analogique à l'UNI
- Signalisation numérique à l'UNI, le RNIS
- Signalisation numérique au NNI, la signalisation sémaphore
- ISUP

Sommaire

- Architecture protocolaire
- MTP 1
- MTP 2
- MTP 3
- SCCP
- TCAP
- ISUP

Justification du sémaphore

Le mode associé se justifie par la suppression des joncteurs et le gain de latence d'appel.

Mais l'argument décisif est l'obligation de signalisation en mode quasi associé pour les nouveaux domaines de signalisation :

- Signalisation d'accès (GSM)
- Signalisation de service (Réseaux intelligents)

Etapes de l'implémentation

Dès 1973, le CCITT (Comité Consultatif International du Télégraphe et du Téléphone) a décidé de travailler sur un nouveau système transport d'informations s'adaptant aux réseaux avec intégration de services et au réseau Numéris.

Les recommandations du CCITT n° 7 sont consignées dans 3 livres

- Le livre jaune (1980) : Premières recommandations
- Le livre rouge (1984): Compléments au livre jaune
- Le livre bleu (1988) : Améliorations et recommandations de nouveaux sous systèmes utilisateurs

En France le CNET a lancé les premières études sur le réseau sémaphore dès 1981.

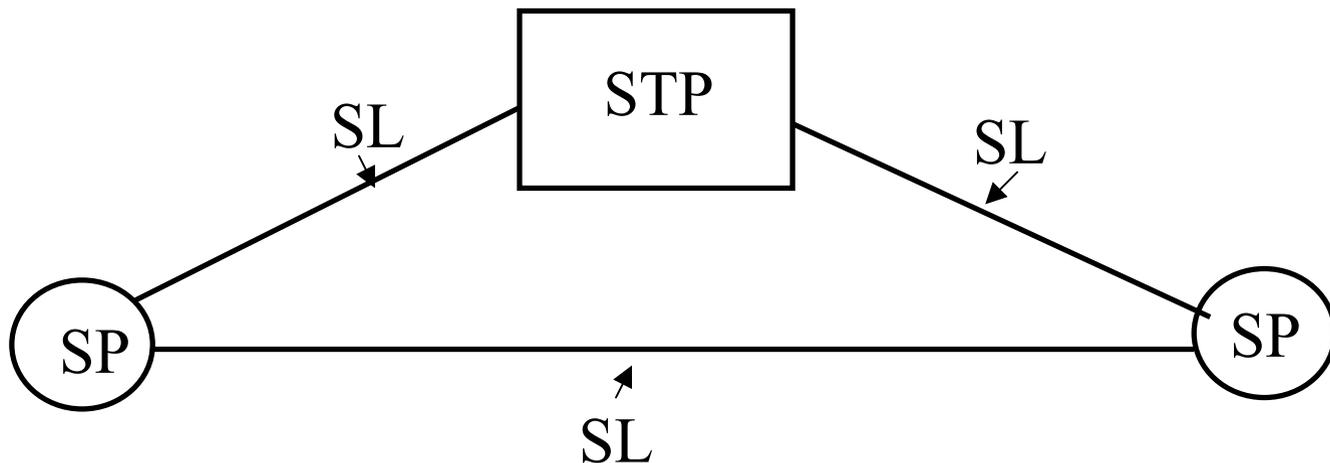
- En 1987 Expérimentation du système en mode associé;
- En 1988 : Généralisation de ce système
- En 1991 : Expérimentation en mode mode quasi-associé.

Composants d'un réseau SS7

Signaling Point, **SP**

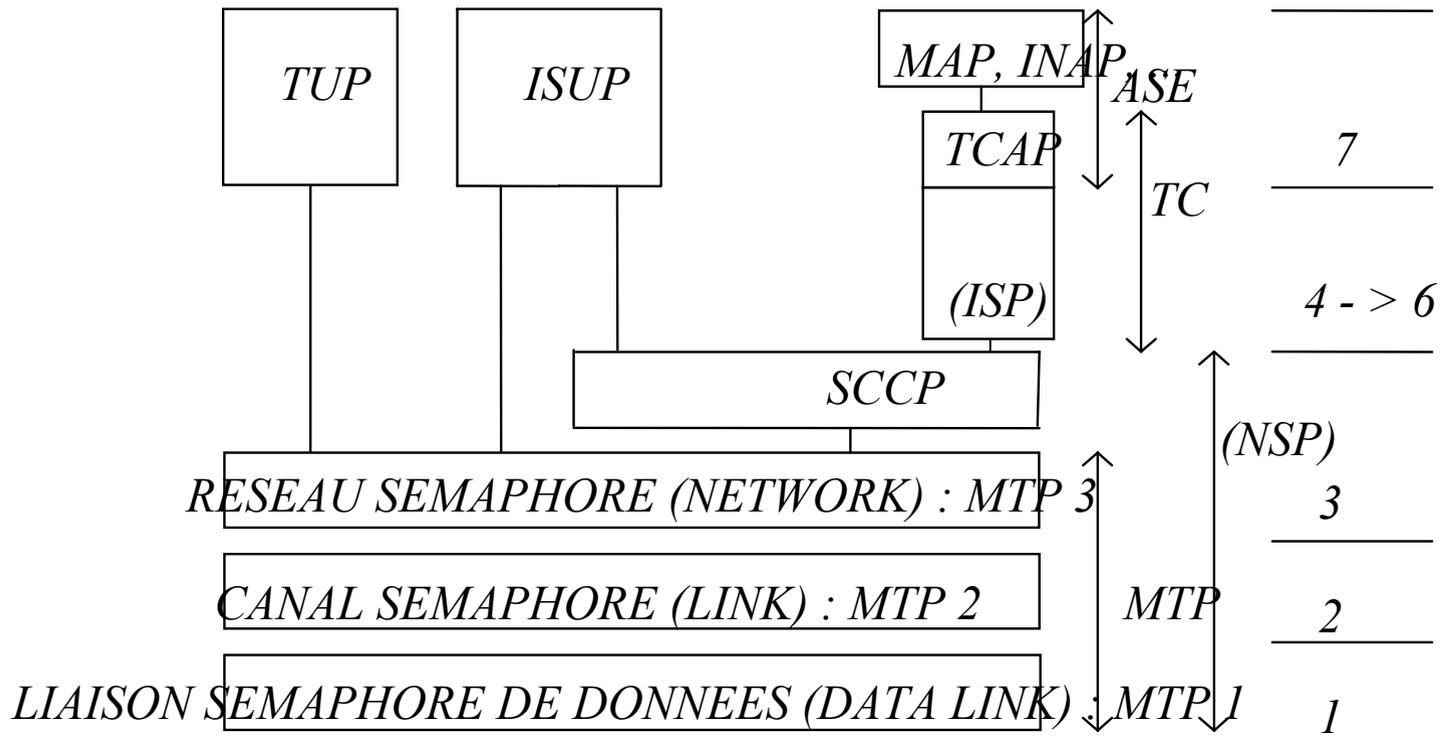
Signaling Link, **SL**

Signaling Transfer Point, **STP** (2 SP dos à dos)

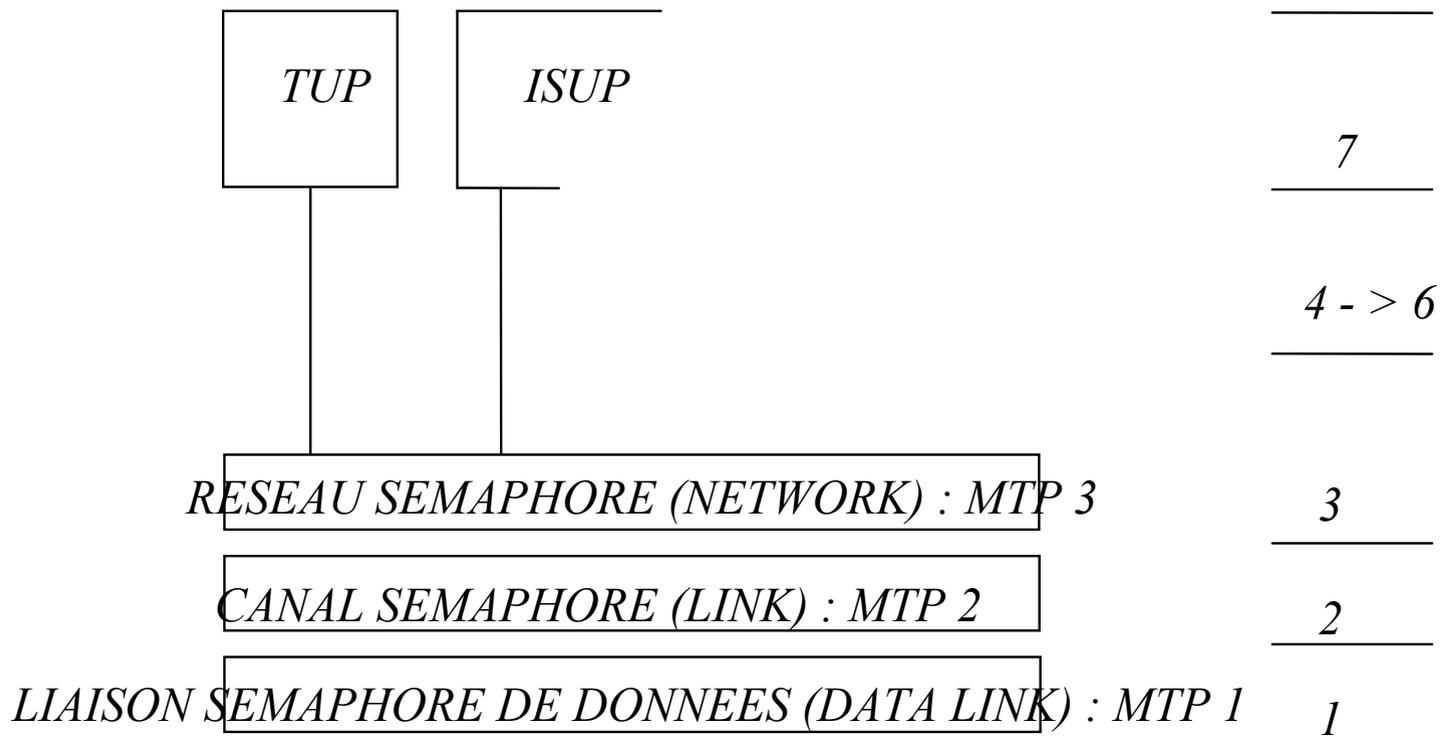


Architecture protocolaire

- Comparaison avec l'architecture OSI

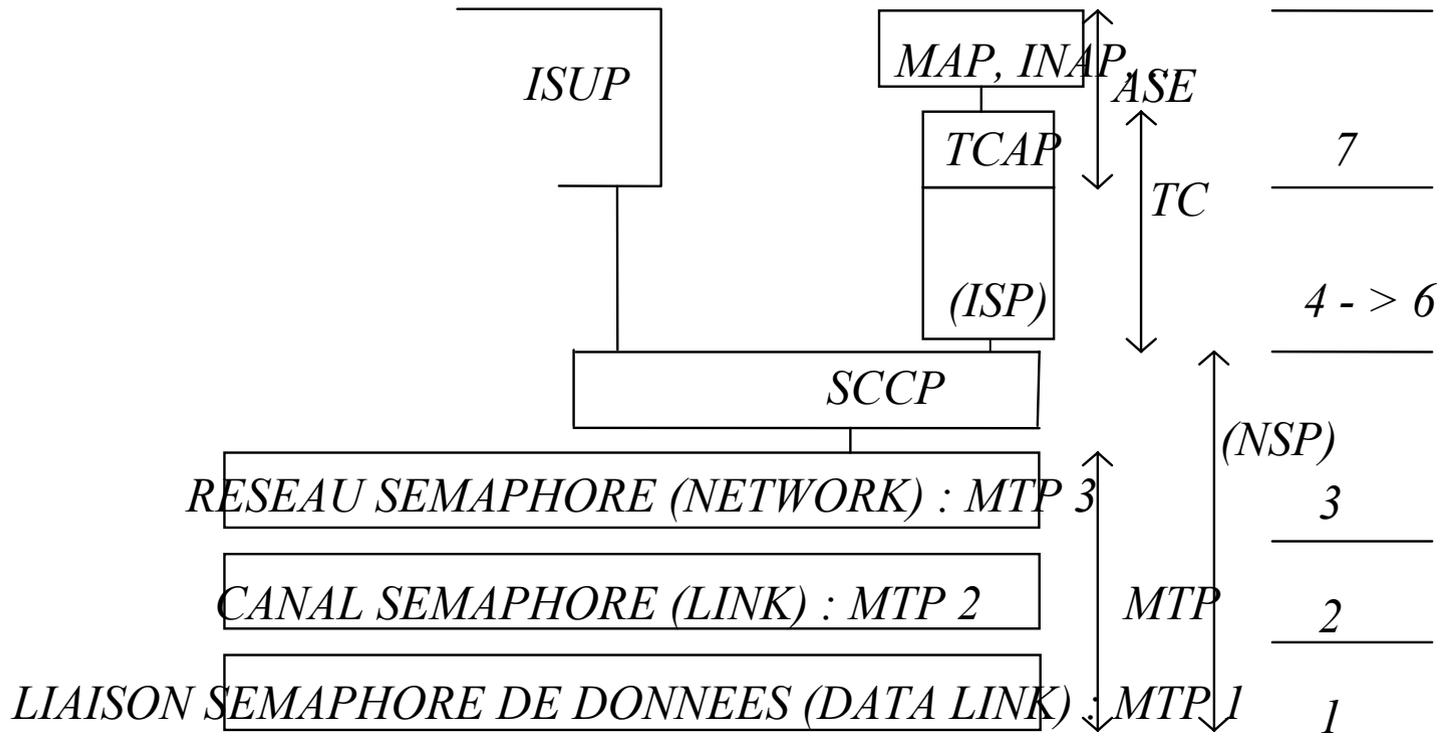


Signalisation de connexion



Signalisation d'accès, d'appel, de service

- SCCP est nécessaire pour le bout en bout



Normes

- Q 701 – Q 710 : MTP
 - Q 702 : MTP1
 - Q 703 : MTP2
 - Q 704 : MTP3
- Q 711 – Q 716 : SCCP
- Q 721 – Q 725 : TUP
- Q 761 – Q 767 : ISUP
- Q 771 – Q 775 : TCAP

MTP 1

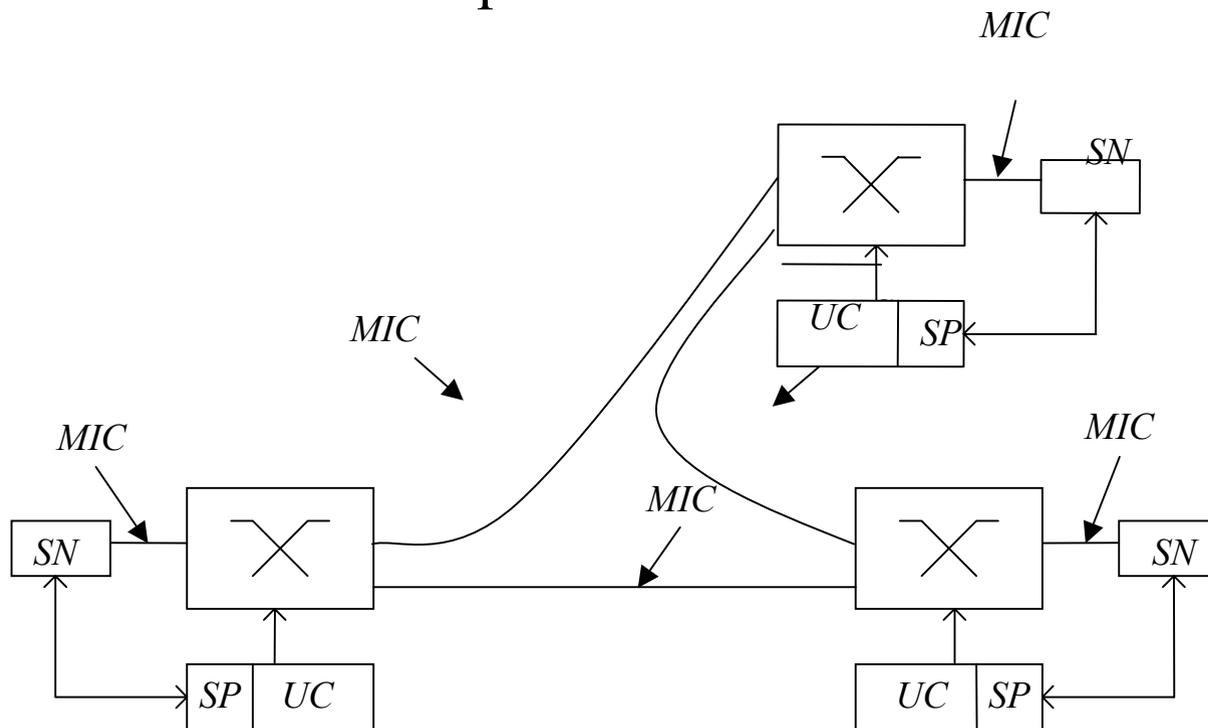
Q702

MTP1

- Couche physique du modèle OSI
- Caractéristiques physiques et électriques

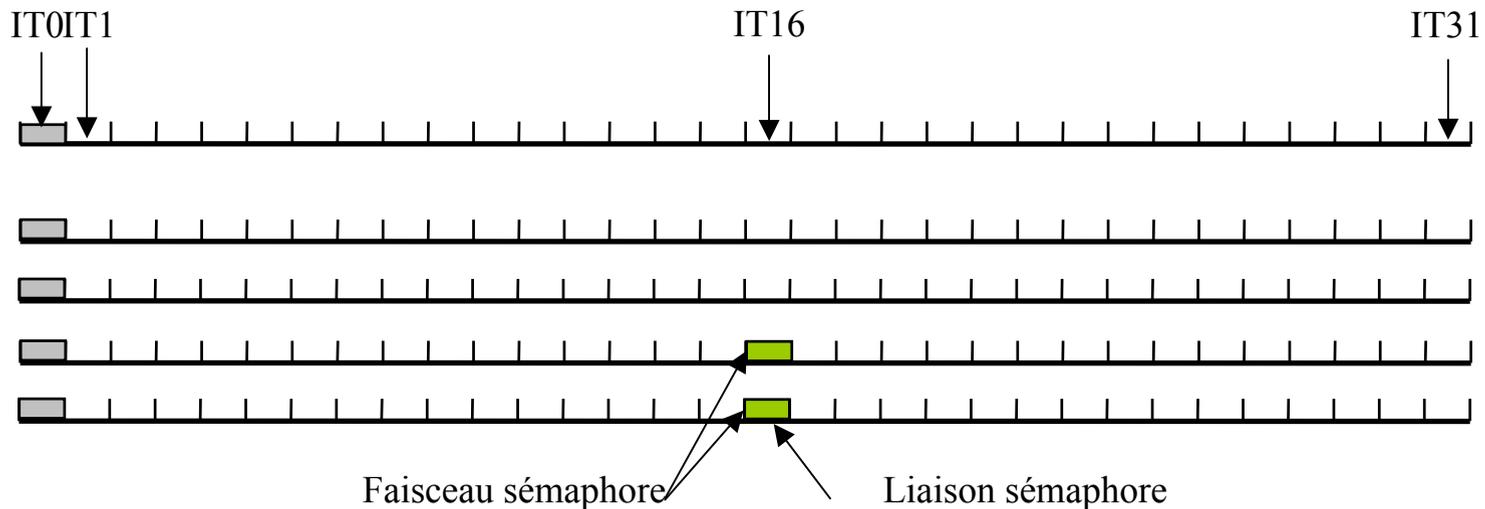
Nature des transmissions entre centraux

- Les centraux sont reliés par des MICs



Utilisation des MICs en sémaphore

- L'IT16 est rendu au trafic utilisateur : 1 MIC=31 voies

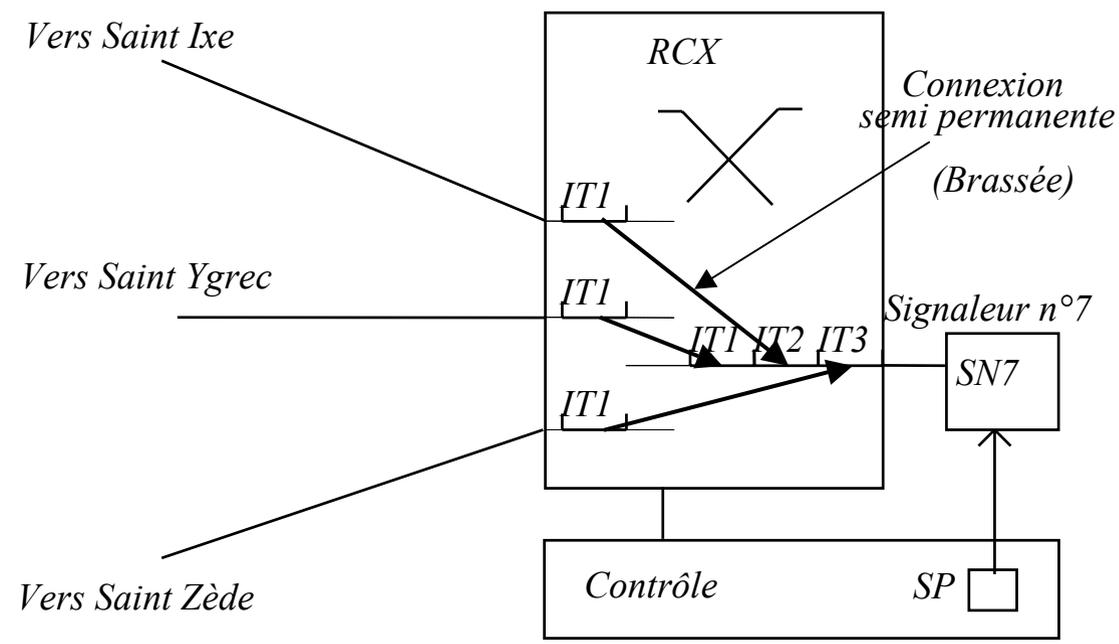


La norme prévoit d'utiliser un IT16. FT utilise plutôt IT1 ou IT 31.

Un faisceau = 16 canaux au maximum

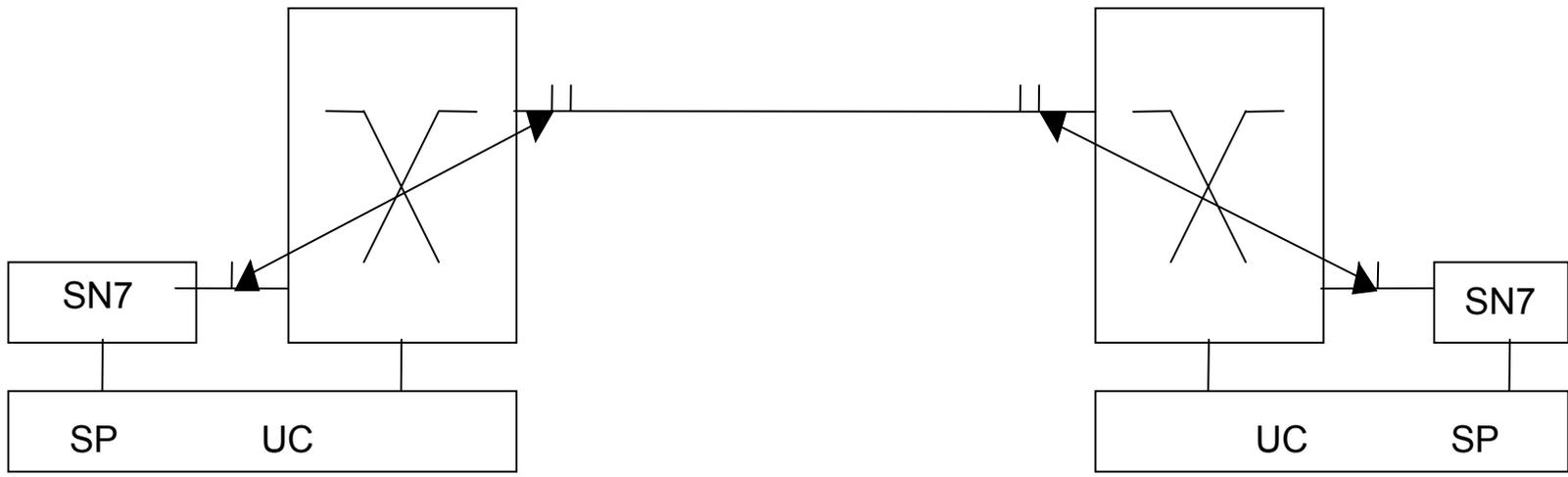
Raccordement d'un signaleur n°7

- Le signaleur SN7 est raccordé par un MIC interne



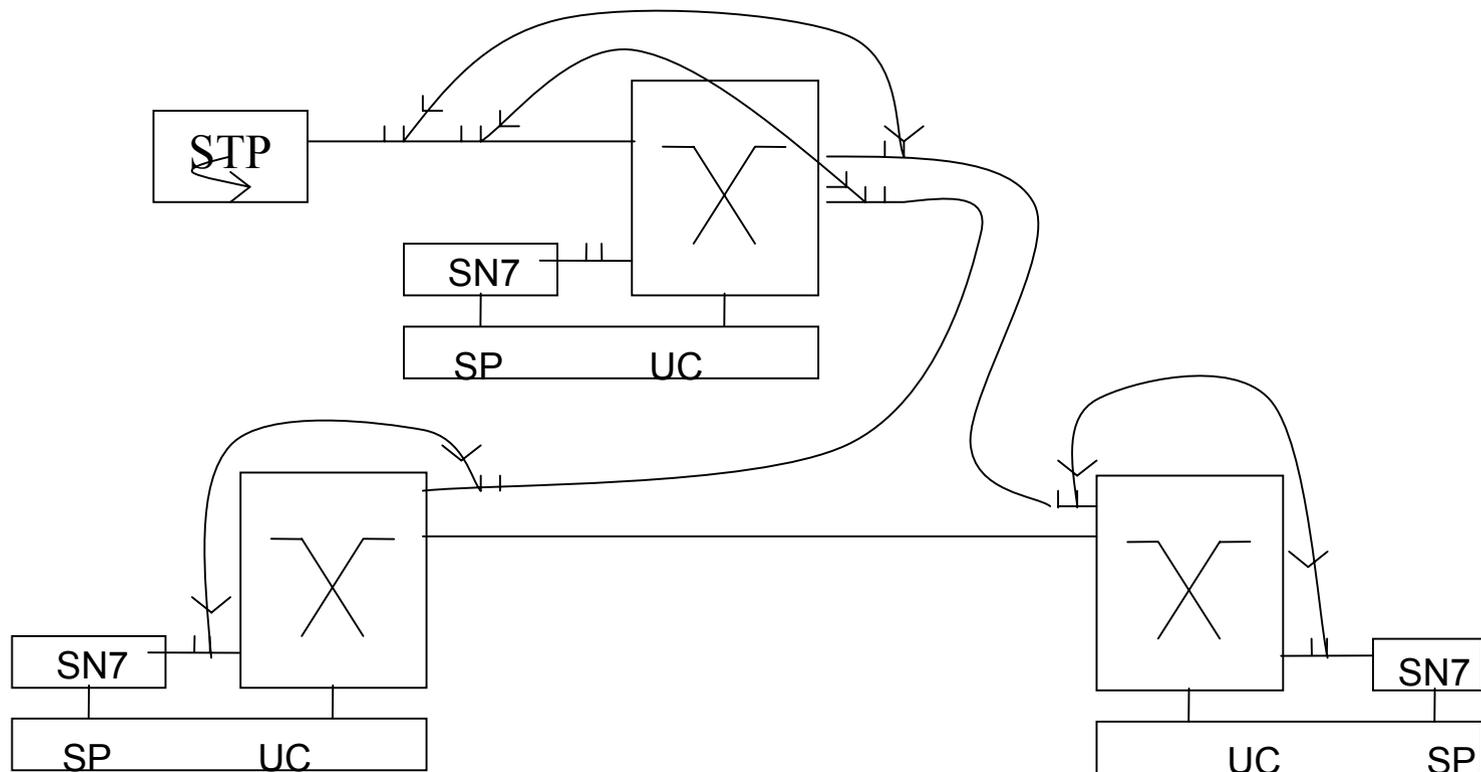
Liaison sémaphore associée

- Utilisation d'un ou plusieurs IT du faisceau de circuit



Liaison sémaphore quasi associée

- Le STP est relié à un centre de transit



MTP 2

Q703

MTP2 (niveau “canal”)

- Couche 2 du modèle OSI
- Assure un transfert fiable et le séquençement des données entre deux SP

Le canal sémaphore : MTP2

Fonctions opérationnelles de MTP2

- Délimitation
- Différentiation
- Détection d'erreur
- Correction d'erreur
- Contrôle de Flux

Fonctions de gestion de MTP2

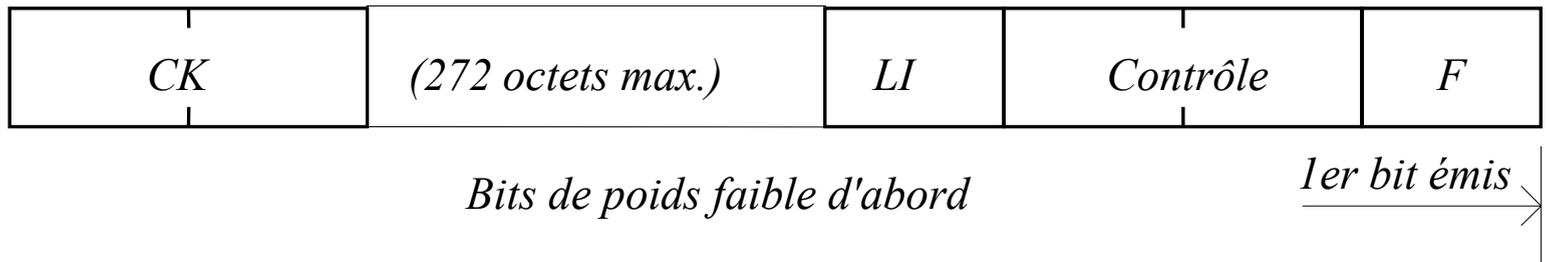
Alignement initial

Réalignement

Contrôle d'erreur

Format général d'une trame

Procédure orientée bit, basée sur l'échange de trames sémaphores (Signaling Units)



Délimitation des trames

- Début de trame :

Fanion 7E comme en HDLC

- Transparence :

après 5 « 1 » consécutifs, ajout par l'émetteur MTP2 d'un « 0 » supplémentaire.

Le récepteur MTP2 supprime systématiquement tout « 0 » suivant 5 « 1 » consécutifs

Différentiation des trames

3 types de trames différenciées par l'indicateur de longueur LI (Length indicator) de la charge utile de MTP2

LI = 0 : FISU Fill In Signal Unit (TSR remplissage)

LI = 1 ou 2 : LSSU Link State Signal Unit (TSE état)

LI = 3 → 62 : MSU Message Signal Unit (TSM message)
taille réelle

LI = 63 : MSU Message Signal Unit (TSM message)
taille quelconque ≤ 272 octets

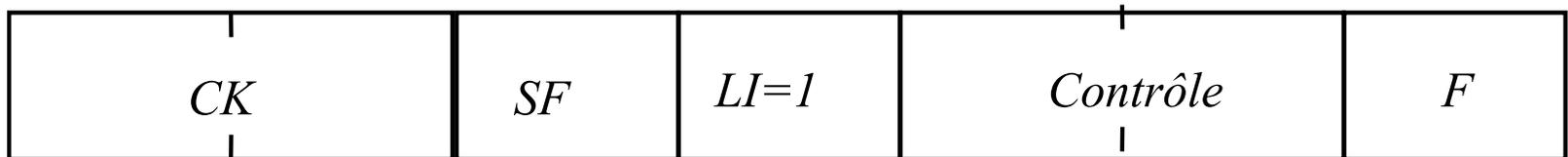
Trames de remplissage FISU

LI = 0 : FISU Fill In Signal Unit (TSR remplissage)



Trames d'état du canal LSSU

LI = 1,2 : LSSU Link State Signal Unit (TSE Etat)

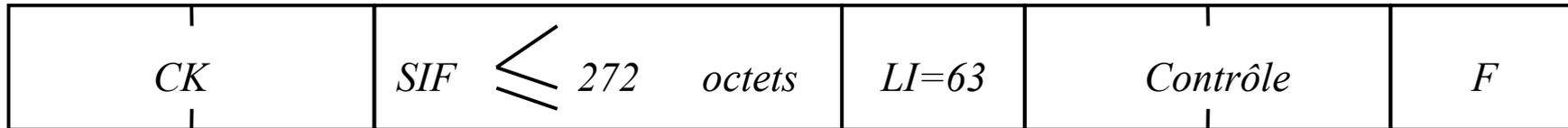
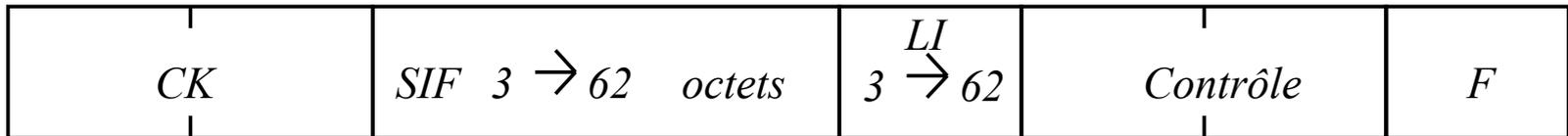


Trames d'état du canal LSSU

- O: Out of alignment (alignement perdu)
- N: Normal alignment (alignement normal)
- E: Emergency alignment (alignement d'urgence)
- OS: Out of service (Hors service)
- PO: Processor out (Isolement processor)
- B: Busy (indication d'état occupé)

Trames de message MSU

Format d'une trame MSU



Détection d'erreur

Registre à décalage de 16 bits

Contenu changé par la division par le polynôme générateur $x^{16} + x^{12} + x^5 + 1$ de tous les champs entre les flags

Complément à 1 du reste utilisé comme CRC

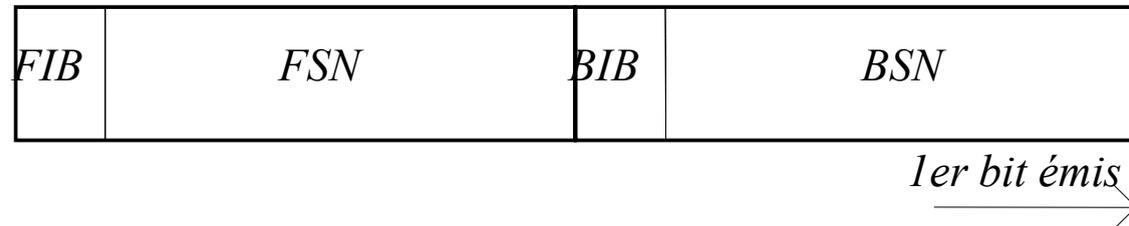
Même calcul à la réception.

Résultat : 1D0F : 0001 1101 0000 1111

Correction d'erreur

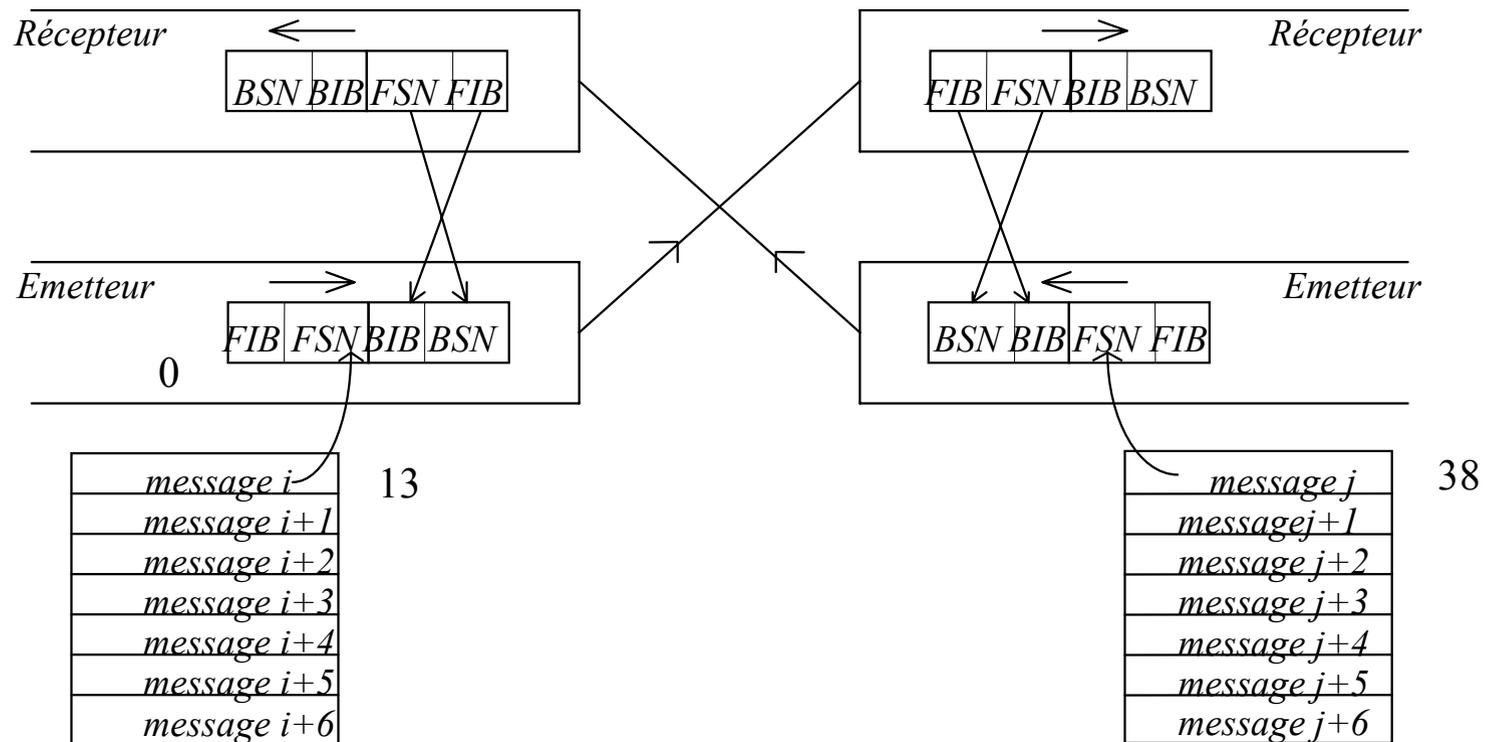
Champ de contrôle

- Numéro de séquence arrière BSN
- Bit d'indication arrière BIB
- Numéro de séquence avant FSN
- Bit d'indication avant FIB



Méthode de base de correction

Seules les MSU incrémentent les numéros de séquence



Retransmission cyclique préventive

Les bit d'indication avant et arrière ne sont plus utilisés

L'accusé de réception positif se fait avec le BSN.

Quand le buffer d'émission a été émis, tout ce qui n'est pas acquitté est réémis, jusqu'à ce qu'une nouvelle trame à émettre soit donnée par le niveau 3.

Contrôle de flux

Une entité saturée n'envoie plus d'acquittements positifs ou négatifs

Elle envoie une LSSU « B » toutes les 80 à 120 ms tant que la congestion persiste.

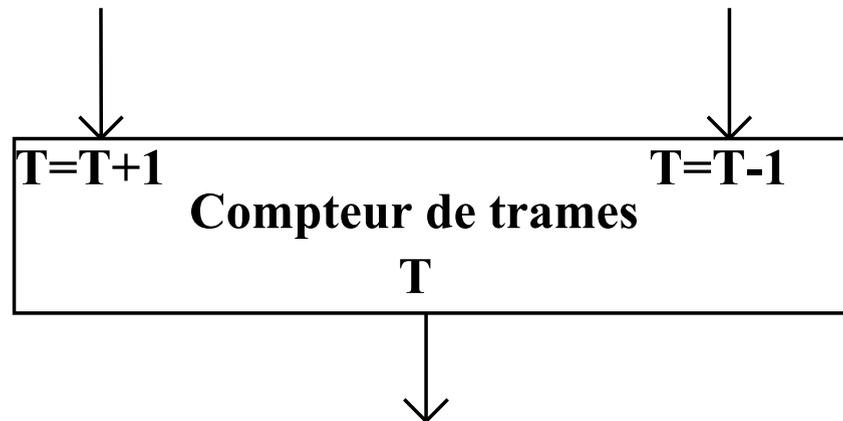
Si la condition persiste plus de 3 à 6 secondes, indication de défaillance au niveau 3

Surveillance du taux d'erreur

Mécanisme de type « leaky bucket »,
compteur SUERM (signaling unit error rate monitor)

1 trame erronée

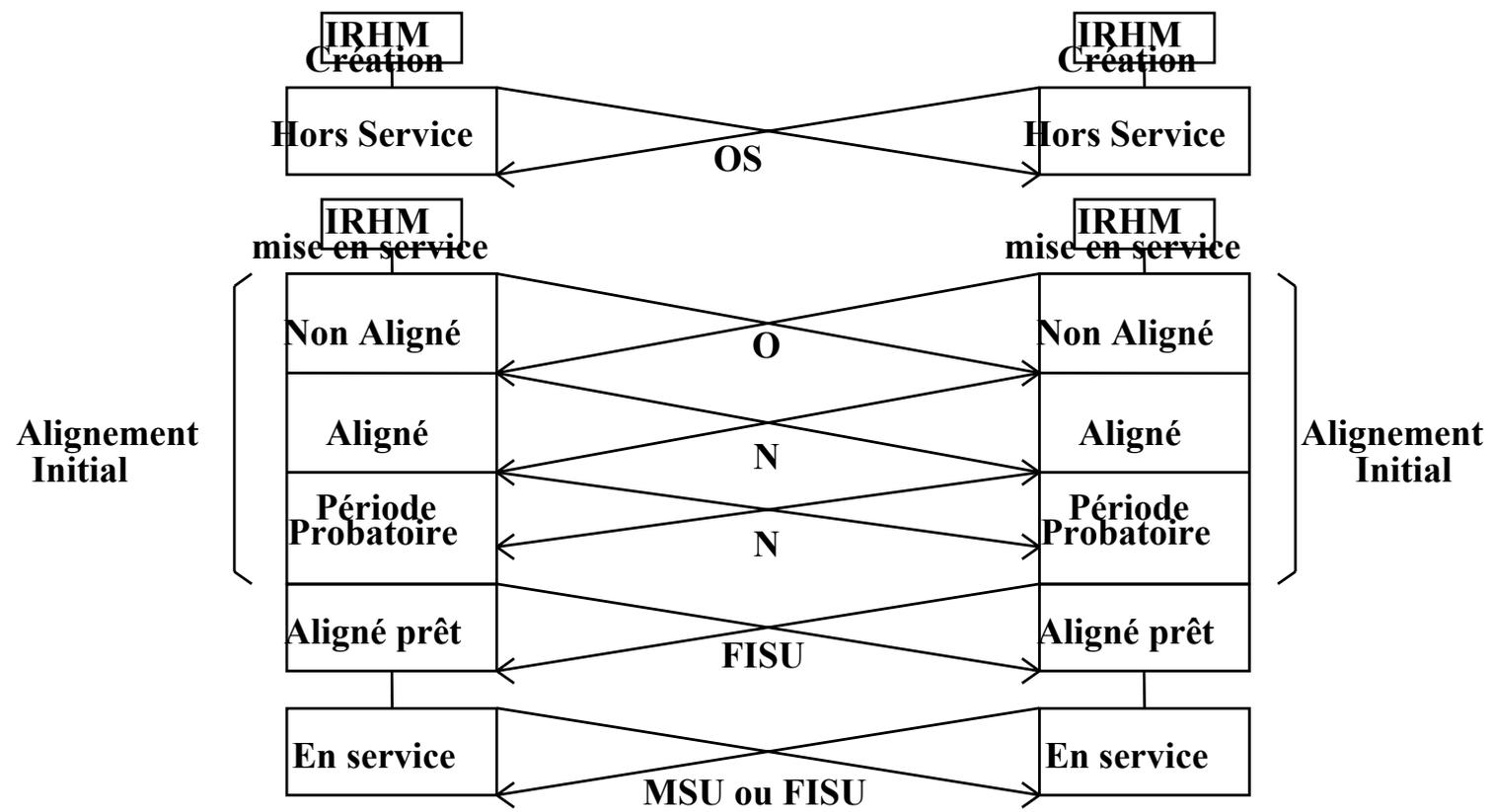
256 trames reçues



T > 64 : Mise Hors service du Canal

Procédure d'alignement initial

Procédure démarrée par la gestion MTP3



Procédure d'alignement initial

Dans l'état non aligné, les entités MTP2 envoient des trames O

Quand elles reçoivent une trame O elles passent dans l'état aligné et envoient des trames N

Quand elles reçoivent une trame N elles passent dans l'état période probatoire aligné et envoient des trames N

Dans la période probatoire, émission de 2^{16} octets

Si moins de 4 octets erronés passage à l'état aligné prêt.

Trace MTP 2 : MSU

```
1 | 0|1100100 |BIB = 0,   BSN = 100
2 | 0|1101001 |FIB = 0,   FSN = 105
3 | 00|111111 |Length Indicator : MSU, LI = 63 octets
```


La couche réseau MTP3

Q704

Deux fonctions :

- routage
- gestion

MTP 3 routage, distribution

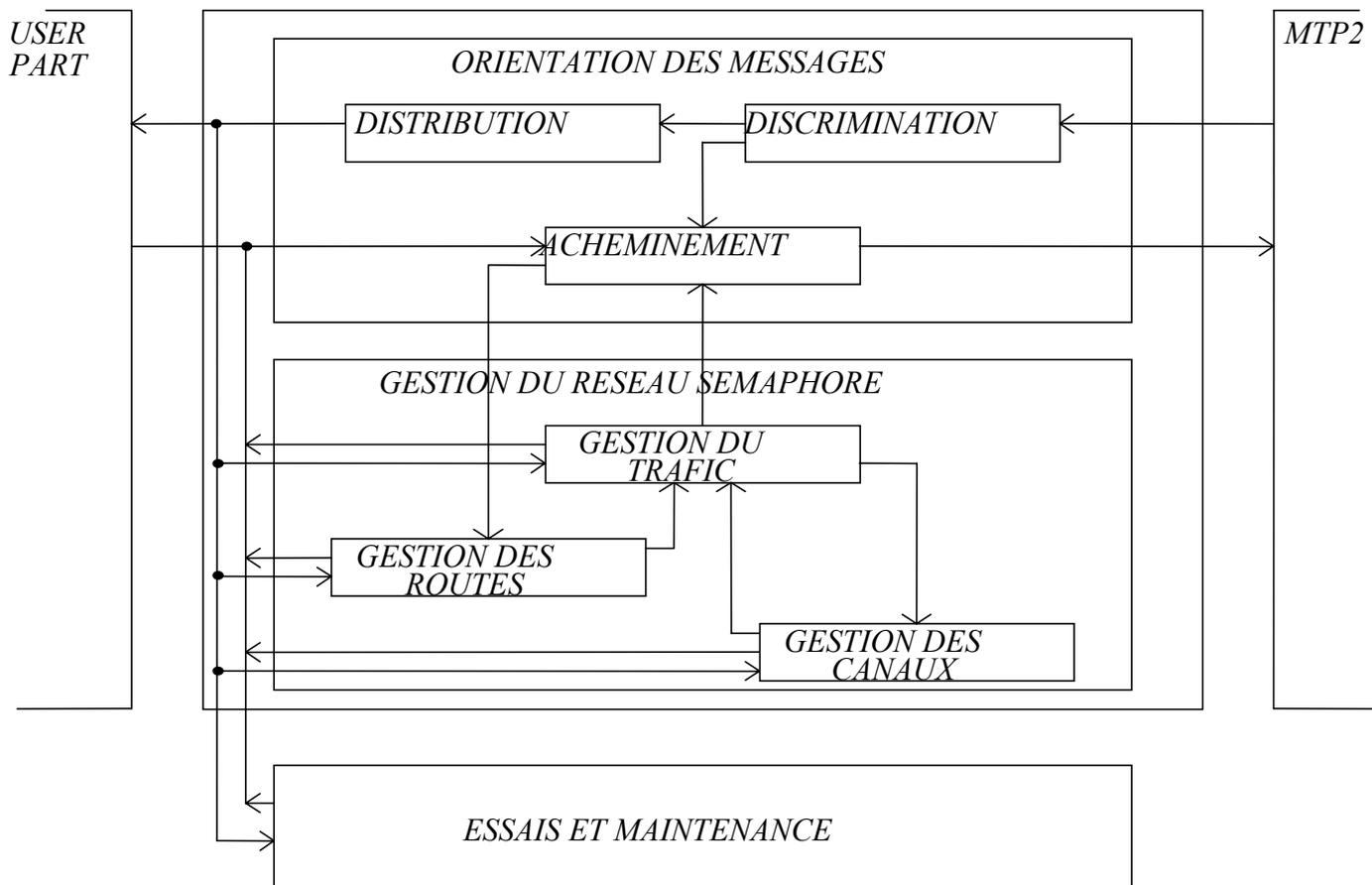
- Le routage permet de transmettre des messages entre 2 SP séparés par un ou plusieurs STP (détermination du canal à utiliser)
- La distribution détermine le sous système utilisateur auquel le message doit être livré

MTP 3 gestion

- L'objectif de la gestion est de survivre à des défaillances de canaux ou des congestions
- Il y a 3 domaines de gestion :
 - 1) gestion des canaux
 - 2) gestion du trafic
 - 3) gestion des routes

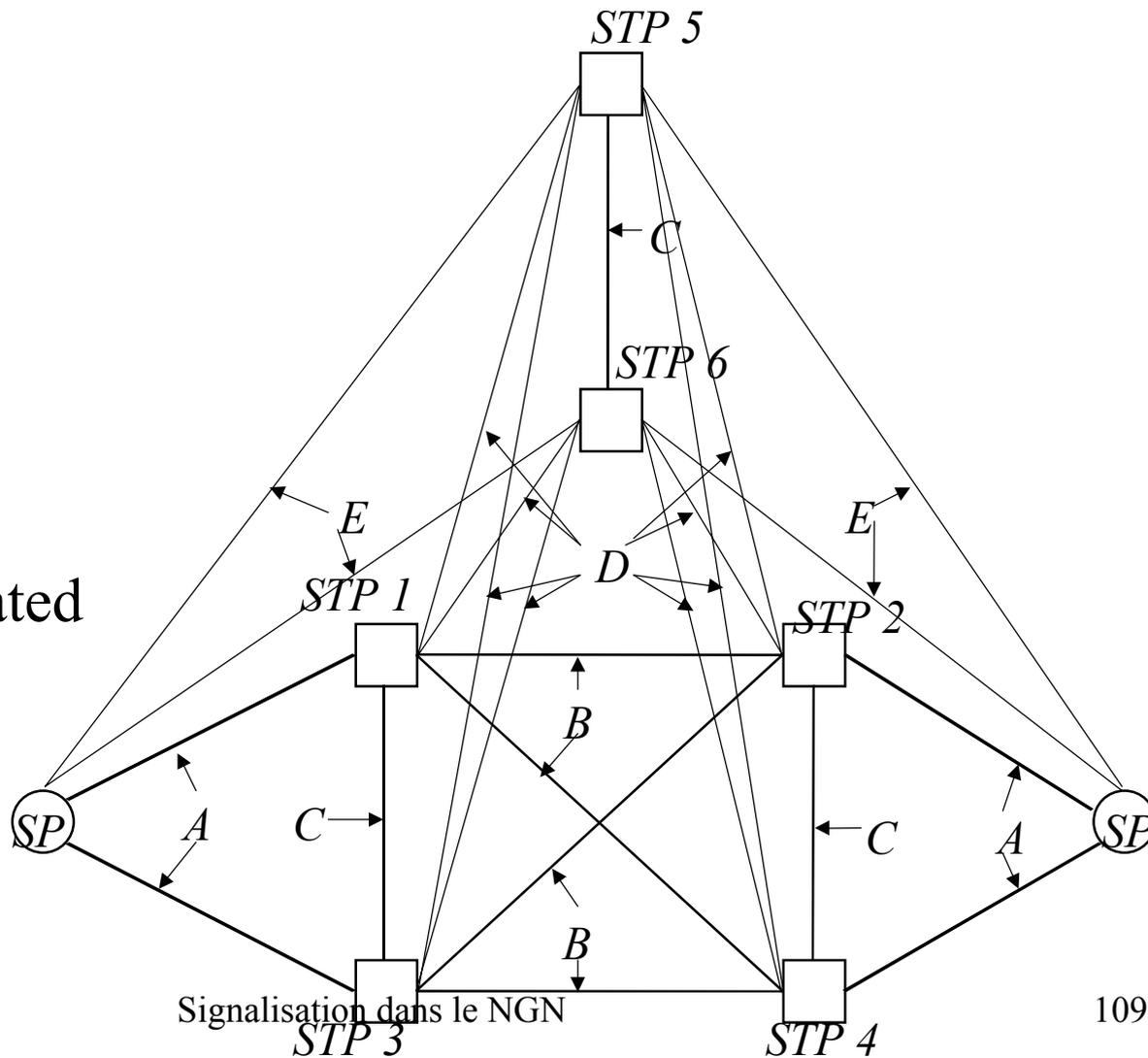
Modules de MTP3

Q704



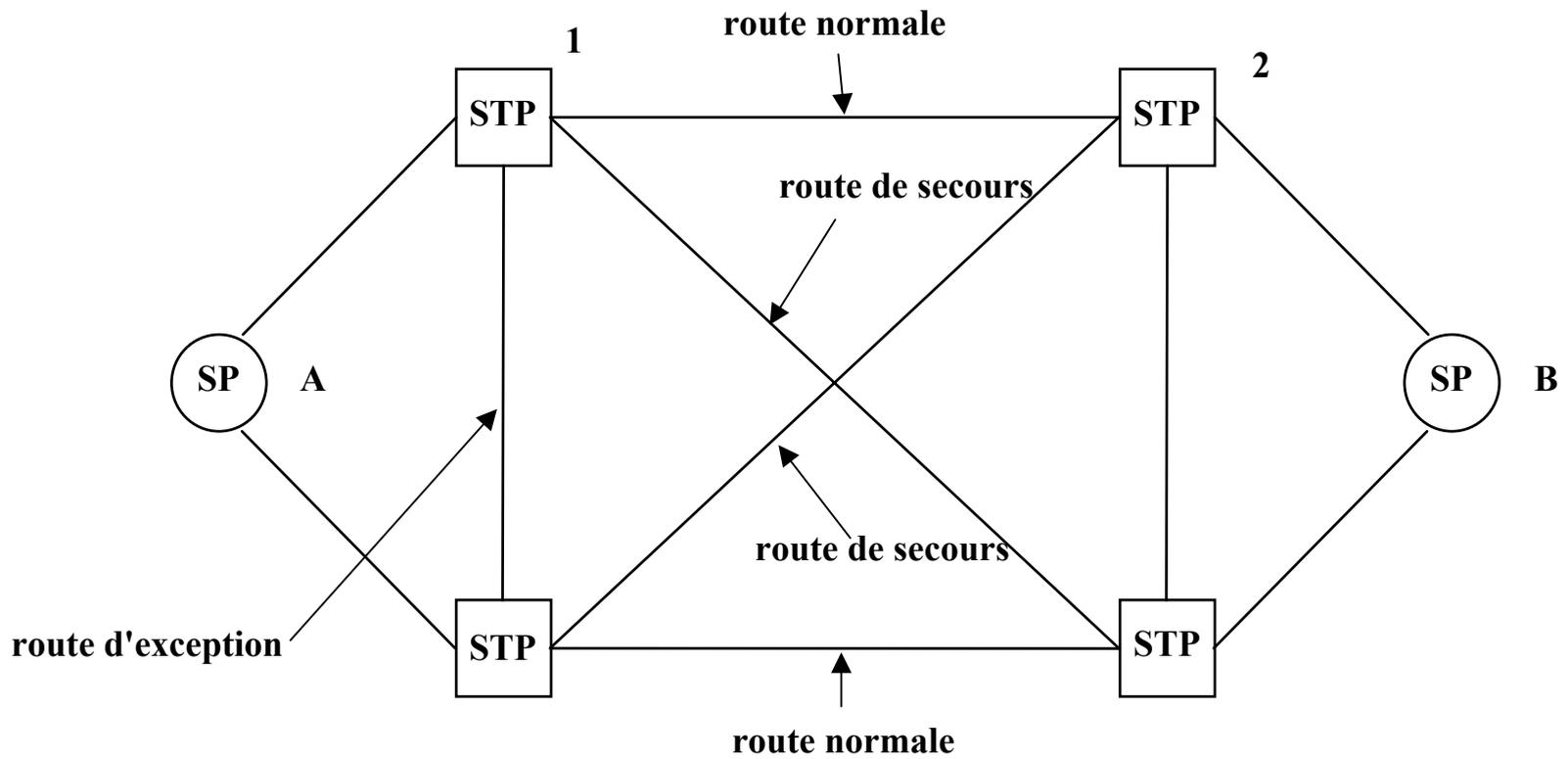
Types de canaux

- A : access
- B : Bridge
- C: Cross
- D : Diagonal
- E : Extended
- F : Fully associated



Redondance

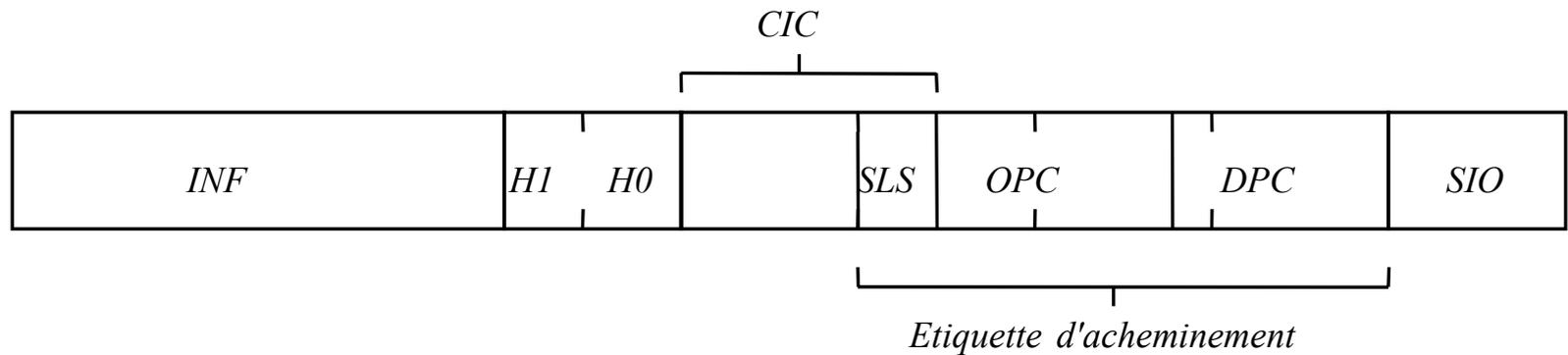
Survivre à tout prix !



Etiquette d'acheminement

SIO : octet de service (Service Indicator Octet)

PC : Point Code codé sur 14 bits en Europe



Octet de service

Indication de l'application de destination au niveau supérieur.

C'est la notion de « SAP » en OSI

SSF : Sub Service Field : indicateur de réseau

SI : Service Indicator : application de niveau supérieur



Indicateur de réseau

Chez FT : identification du réseau sémaphore

| SSF (IR) | Hiérarchie |
|----------|---------------|
| 0 | International |
| 8 | National |
| C | Réseau Local |

Indicateur de service

Indication de l'application de couche supérieure

| SI | Application de destination |
|-----|---|
| 0 | Gestion du réseau sémaphore |
| 1 | Essai du réseau sémaphore |
| 2 | |
| 3 | SCCP |
| 4 | TUP (Sous Système Utilisateur Téléphonique) |
| 5 | ISUP (Sous Système Utilisateur RNIS) |
| 6 | |
| 7 | |
| 8 | « ITUP » (S. S. Utilisateur Téléphonique International) |
| 9 | SSUNL (Sous Système Utilisateur Numérique Local) |
| A F | |

Codes de points sémaphore

| DOT / DRT | Tranches de numérotation | | DOT / DRT | Tranches de numérotation | |
|--------------------|--------------------------|------|----------------|--------------------------|------|
| Réservé PTS | 1 | 100 | NANTES | 1451 | 1500 |
| AJACCIO | 101 | 150 | ANGERS | 1501 | 1550 |
| AMIENS | 151 | 200 | ORLEANS | 1551 | 1600 |
| BESANCON | 201 | 250 | TOURS | 1601 | 1650 |
| BORDEAUX | 251 | 300 | POITIERS | 1651 | 1700 |
| AGEN | 301 | 350 | RENNES | 1701 | 1750 |
| PAU | 351 | 400 | QUIMPER | 1751 | 1800 |
| CAEN | 401 | 450 | ROUEN | 1801 | 1850 |
| CHALONS/MARNE | 451 | 500 | STRASBOURG | 1851 | 1900 |
| CLERMONT FERRAND | 501 | 550 | TOULOUSE | 1901 | 1950 |
| DIJON | 551 | 600 | ALBI | 1951 | 2000 |
| LILLE | 601 | 650 | TARBES | 2001 | 2050 |
| LENS | 651 | 700 | PARIS NORD | 2051 | 2100 |
| VALENCIENNES | 701 | 750 | PARIS SUD | 2101 | 2150 |
| LIMOGES | 751 | 800 | BAGNOLET | 2151 | 2200 |
| LYON | 801 | 850 | CRETEIL | 2201 | 2250 |
| ANNECY | 851 | 900 | NANTERRE | 2251 | 2300 |
| GRENOBLE | 901 | 950 | CERGY | 2301 | 2350 |
| ST ETIENNE | 951 | 1000 | EVRY | 2351 | 2400 |
| VALENCE | 1001 | 1050 | MELUN | 2401 | 2450 |
| MARSEILLE LITTORAL | 1051 | 1100 | ST QUENTIN | 2451 | 2500 |
| MARSEILLE PROVENCE | 1101 | 1150 | DTIF RESEAU | 2501 | 2550 |
| ALPES | | | DOTRN LYON | 2551 | 2600 |
| NICE | 1151 | 1200 | DOTRN METZ | 2601 | 2650 |
| TOULON | 1201 | 1250 | DOTRN NANTES | 2651 | 2700 |
| MONTPELLIER | 1251 | 1300 | DOTRN PARIS | 2701 | 2750 |
| NARBONNE | 1301 | 1350 | DOTRN TOULOUSE | 2751 | 2800 |
| NANCY | 1351 | 1400 | DTRE | 2801 | 2850 |
| METZ | 1401 | 1450 | CNET | 2851 | 2900 |

Trace MTP3

```

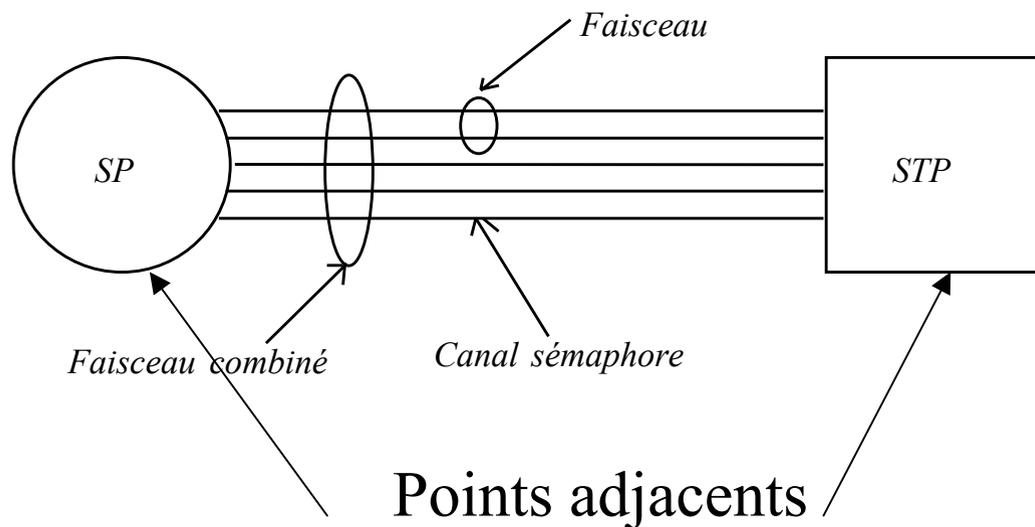
1  | 0|1100100 |BIB = 0,   BSN = 100
2  | 0|1101001 |FIB = 0,   FSN = 105
3  | 00|111111 |Length Indicator : MSU, LI = 63 octets

4  | 1000|0011 |Service Indicator = SCCP, SSF =
National Network
5  | 1001 0101 |DPC :      10901 dec,    2A95 hex
6  | 01|101010 |
7  | 1000 0001 |OPC :      10757 dec,    2A05 hex
8  | 1101|1010 |SLS :           13 dec,      D hex

```

Faisceau Sémaphore

Un faisceau est un ensemble de canaux entre 2 points adjacents.



Route sémaphore

Une destination est un DPC dans la table de routage d'un SP

Les destinations n'ont pas à être adjacentes au SP

Un SP n'a pas à connaître les Point codes des STP entre lui et la destination, il a juste à connaître les faisceaux à prendre pour cette destination.

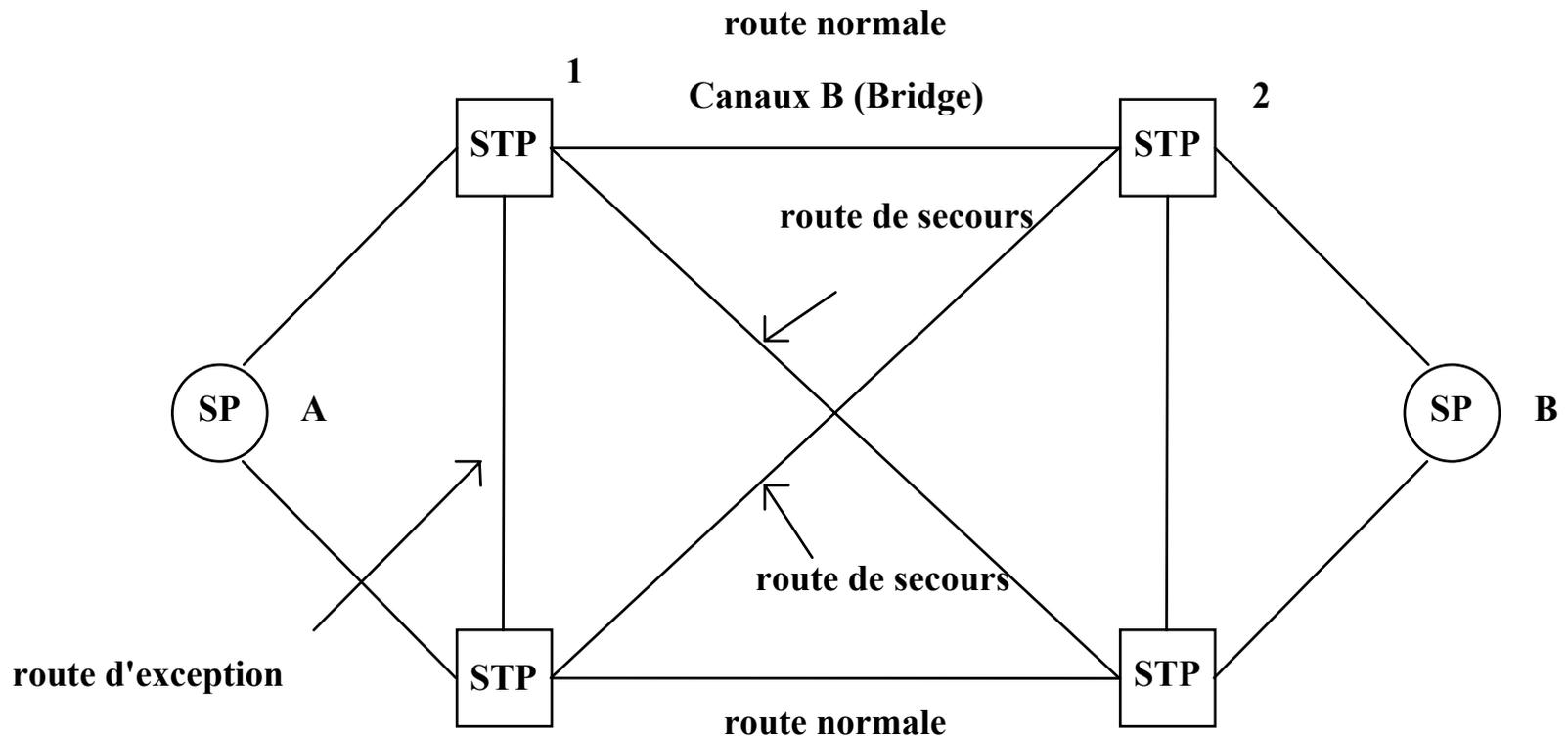
Une route (ou un acheminement) est un ensemble de faisceaux sémaphores utilisables pour atteindre un DPC (une destination)

Vision du réseau

Dans un SP : ensemble des destinations atteignables

Redondance

Whatever it takes, keep it up!



Principes de routage

On prend une route normale, si elle est indisponible, une route de secours

| | | | |
|-----------------------------------|------------|------------|-----------|
| Route de secours Route normale | Disponible | Restreinte | Interdite |
| Disponible | Normale | Normale | Normale |
| Restreinte | Secours | Normale | Normale |
| Interdite | Secours | Secours | Exception |

Traductions sémaphores

SSF + DPC \rightarrow ACHEMINEMENT SEMAPHORE (ASM)

SSF + n° ASM \rightarrow LISTE DE FAISCEAUX + LOI

SSF + n° FSM \rightarrow LISTE DE CANAUX + LOI

Exemple de loi

LOI 1 N=2

| SLS | | |
|-----|---|---|
| 0 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 1 |
| 2 | 0 | 1 |
| 3 | 0 | 1 |
| 4 | 0 | 1 |
| 5 | 0 | 1 |
| 6 | 0 | 1 |
| 7 | 0 | 1 |
| 8 | 0 | 1 |
| 9 | 0 | 1 |
| A | 0 | 1 |
| B | 0 | 1 |
| C | 0 | 1 |
| D | 0 | 1 |
| E | 0 | 1 |
| F | 0 | 1 |

LOI 2 N=2

| SLS | | |
|-----|---|---|
| 0 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 0 |
| 2 | 0 | 1 |
| 3 | 1 | 0 |
| 4 | 0 | 1 |
| 5 | 1 | 0 |
| 6 | 0 | 1 |
| 7 | 1 | 0 |
| 8 | 0 | 1 |
| 9 | 1 | 0 |
| A | 0 | 1 |
| B | 1 | 0 |
| C | 0 | 1 |
| D | 1 | 0 |
| E | 0 | 1 |
| F | 1 | 0 |

Choix du canal dans le faisceau

Loi 14 : Faisceau à 3 canaux

| SLS | | | |
|-----|---|---|---|
| 0 | 0 | 2 | 1 |
| 1 | 1 | 2 | 0 |
| 2 | 0 | 1 | 2 |
| 3 | 2 | 1 | 0 |
| 4 | 0 | 2 | 1 |
| 5 | 1 | 2 | 0 |
| 6 | 0 | 1 | 2 |
| 7 | 2 | 1 | 0 |
| 8 | 0 | 2 | 1 |
| 9 | 1 | 2 | 0 |
| A | 0 | 1 | 2 |
| B | 2 | 1 | 0 |
| C | 0 | 2 | 1 |
| D | 1 | 2 | 0 |
| E | 0 | 1 | 2 |
| F | 2 | 1 | 0 |

IRHM

| | |
|-------|--|
| ANSCR | Création d'une analyse sémaphore |
| ASMIL | Listage de points sémaphores |
| ANSIN | Interrogation d'analyse sémaphore |
| ANSMO | Modification d'une analyse sémaphore |
| ANSSU | Suppression d'une analyse sémaphore |
| ASMCR | Création d'un acheminement sémaphore |
| ASMIL | Listage d'acheminements sémaphores |
| ASMIN | Interrogation d'acheminement sémaphore |
| ASMSB | Modification d'un acheminement sémaphore |
| ASMSU | Suppression d'un acheminement sémaphore |
| CSMIN | Interrogation sur canaux sémaphores |
| CSMMO | Modification d'état d'un canal sémaphore |
| FSMAD | Adjonction d'un faisceau de canaux sémaphore |
| FSMCR | Création d'un faisceau de canaux sémaphore |
| FSMIN | Interrogation d'un faisceau de canaux sémaphore |
| FSMMO | Modification d'un faisceau de canaux sémaphore |
| FSMRE | Retrait d'un faisceau de canaux sémaphore |
| FSMSU | Suppression d'un faisceau de canaux sémaphore |
| LOIL | Listage par loi de répartition de trafic |
| LOIN | Interrogation d'une loi de répartition de trafic |

La gestion sémaphore

Configure le service de signalisation

Rétablit les conditions normales en cas de défaillance du réseau

Grande originalité : c'est une gestion distribuée

Sous fonctions de la gestion

- Gestion des canaux
 - Active des canaux inactifs
 - Désactive des canaux actifs
- Gestion du trafic
 - Détourne le trafic vers des canaux ou routes de secours en cas de défaillance
 - Interrompt temporairement le trafic en cas d'encombrement
- Gestion des routes
 - Distribue l'information sur l'état du réseau pour bloquer ou débloquer des routes sémaphores
 - Détourne le trafic vers des canaux ou routes de secours en cas de défaillance

Gestion des canaux

Procédures:

- Activation, rétablissement, désactivation des CS
- Activation des faisceaux de CS
- Affectation automatique des terminaux sémaphores et des liaisons sémaphores de données

Gestion des canaux (suite)

1-Affectation manuelle des terminaux sémaphores et LSD

$\{\text{COC}, \text{CPD}\} \leftrightarrow \text{TS} \leftrightarrow \text{LSD}$ déterminé par accord bilatéral

2-Affectation automatique des terminaux sémaphores

$\{\text{COC}, \text{CPD}\} \leftrightarrow \text{TS} \leftrightarrow \text{LSD}$ déterminé par accord bilatéral

3-Affectation automatique des terminaux et des LSD

$\{\text{COC}, \text{CPD}\} \leftrightarrow \text{TS} \leftrightarrow \text{LSD}$

Gestion du trafic

Procédures:

- Passage sur Canal Sémaphore de secours
- Retour sur Canal Sémaphore normal
- Passage sous contrainte sur Route Sémaphore de secours
- Retour sous contrôle sur Route Sémaphore normale
- Contrôle de flux
- Démarrage d'un SP

Messages de gestion du trafic

COO Changeover Order (PCO Ordre de Passage CS de secours)

COA Changeover Ack (PCA ACR de Passage sur CS de secours)

CBD Changeback Declaration (RCO Ordre de Retour sur CS normal)

CBA Changeback Ack (RCA ACR de Retour sur CS normal)

ECO Emergency Changeover Order (PUO Ordre de Passage d'Urgence..)

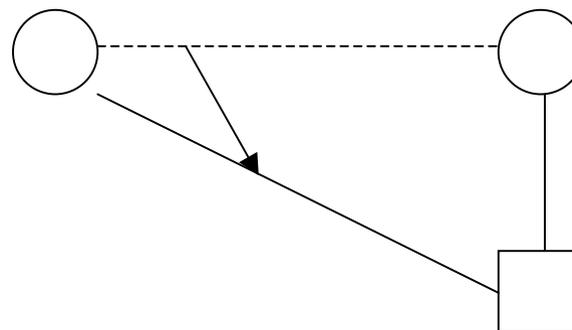
ECA Emergency Changeback Ack (PUA ACR de Passage d'Urgence...)

Cas de passage sur canal de secours

Trois configurations "canoniques" sont utilisées dans la norme pour illustrer les procédures de passages sur canal de secours. :

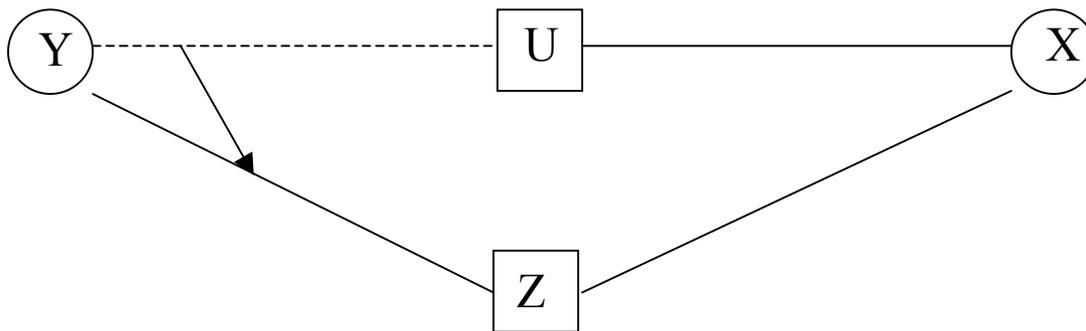


Cas 1: Passage sur CS de secours parallèle



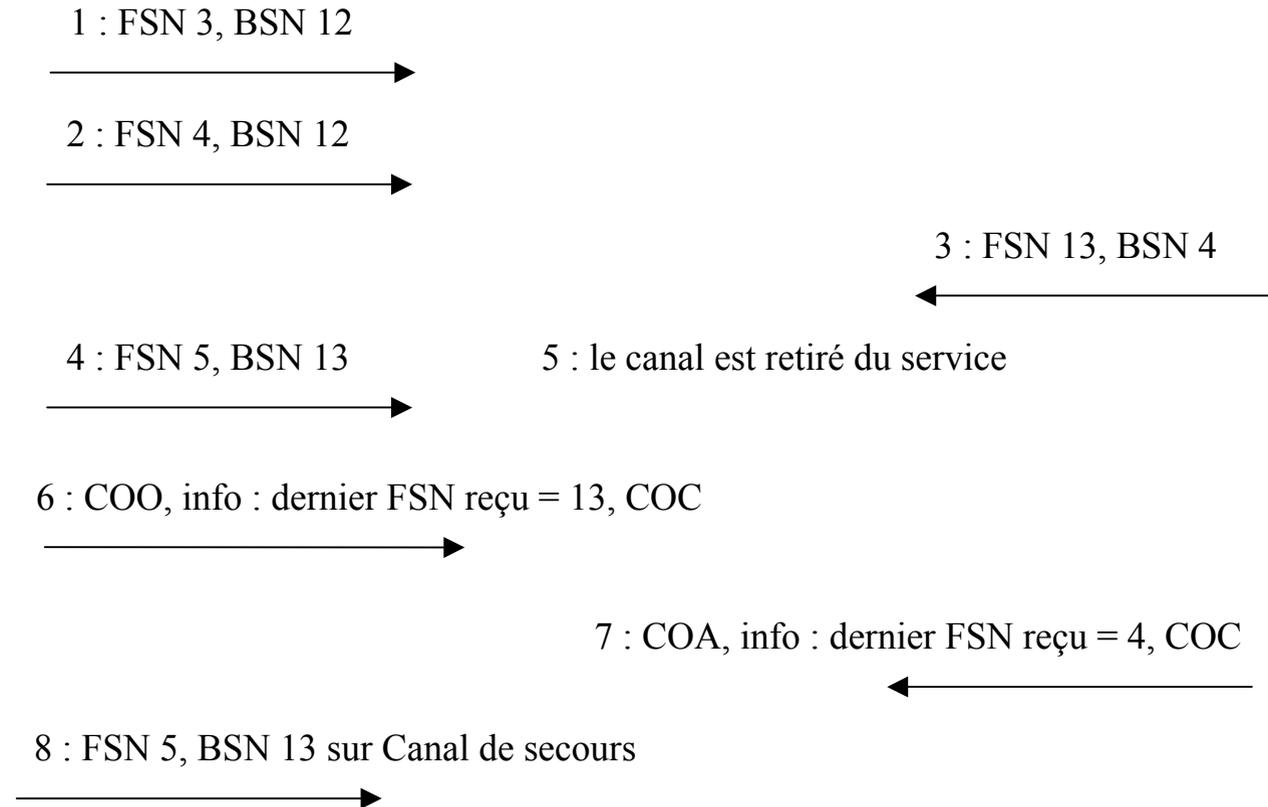
Cas 2 : Passage sur CS de secours par une route qui passe par le SP distant

Cas de passage sur canal de secours



Cas 3 : Passage sur CS de secours par une route qui ne passe par le SP distant

Passage sur canal de secours



Retour sur canal normal

Le CS redevient disponible :

- Arrêt du trafic concerné sur le CS de secours
- Stockage de ce trafic dans une mémoire spécifique
- Envoi d'un CBD sur le CS de secours contient le COC et un numéro de procédure
- Réception du CBA
- Envoi des messages sur le canal normal
- Reprise du trafic

Gestion des routes

Permet à un SP :

- de prévenir les SP adjacents d'une modification de ses conditions d'acheminement vers un DPC
- d'interroger un SP adjacent sur ses conditions d'acheminement vers un DPC

Procédures:

- Transfert interdit
- Transfert autorisé
- Transfert restreint
- Test de route sémaphore
- Redémarrage d'un point sémaphore

Messages de gestion des routes

Transfert :

- TFP : Transfert interdit
- TFA : Transfert autorisé
- TFR : Transfert restreint

Test :

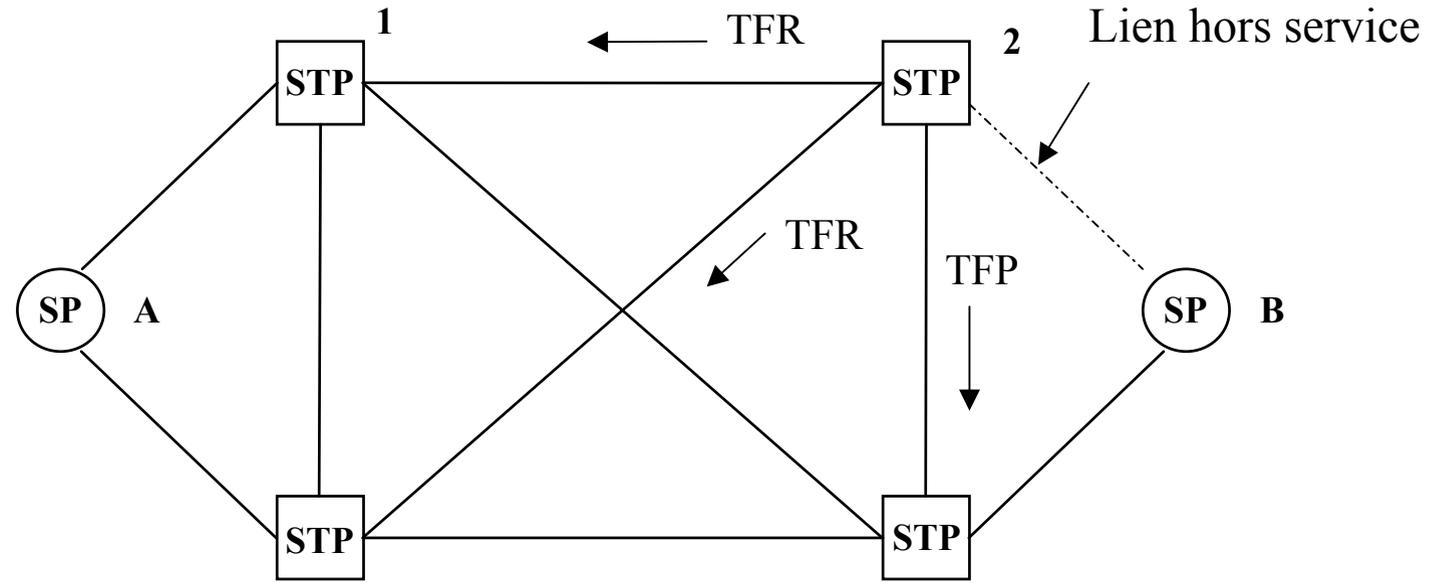
- RST : Route Signaling Test

Redémarrage d'un point sémaphore

- TRA : Traffic Restart Allowed

Coupure d'une route

Transfert interdit et restreint:



Procédure de transfert interdit

Exécutée par un STP :

- 1) vers un STP vers qui on envoie du trafic alors qu'on ne le faisait pas habituellement (TFP préventif)
- 2) pour notifier à ses SP adjacents l'impossibilité d'acheminer par son intermédiaire les messages vers une certaine destination
- 3) Vers un SP qui vient d'envoyer un message qu'on ne peut pas transférer

Dans tous les cas:

Passage sous contrainte sur route de secours

Passage sous contrainte sur route de secours

Exécutée par un SP après réception d'un message TFP

- Arrêt du trafic concerné sur les faisceaux appartenant à la route indisponible
- Stockage de ce trafic dans une mémoire spécifique
- Envoi du trafic sur la route de secours en commençant par celui de la mémoire spécifique

Procédure de transfert autorisé

Exécutée par un STP :

- 1) vers un STP vers qui on cesse d'envoyer du trafic en acheminement de secours
- 2) pour notifier à ses SP adjacents la possibilité d'acheminer par son intermédiaire les messages vers une certaine destination

Dans tous les cas:

Retour sous contrôle sur route normale

Retour sous contrôle sur route normale

Arrêt du trafic concerné sur les faisceaux appartenant à la route indisponible

Stockage de ce trafic dans une mémoire spécifique

Temporisation $T6 = 1s$

Envoi d'un TFP sur route redevenue disponible

Envoi d'un TFA sur route de secours

A l'expiration de $T6$, envoi du trafic sur la route normale en commençant par celui de la mémoire spécifique

Procédure de transfert restreint

Exécutée par un STP Y:

- 1) pour notifier à ses SP adjacents qu'il n'a plus qu'une route d'exception vers X

Retour sous contrôle sur route normale

SCCP

Signaling Connection Control part

La vraie nature du MTP

Le MTP est il orienté connexion ou sans-connexion ?

Cette question n'a pas de sens car le MTP n'est pas un réseau de paquets : on ne segmente pas les messages.

La problématique orienté connexion / sans connexion ne se pose que lorsque l'on segmente les messages (savoir si les segments d'un même message suivent le même chemin.

MTP ne segmente pas. Ce n'est pas un réseau à commutation de paquets, c'est un réseau à commutation de messages

SCCP

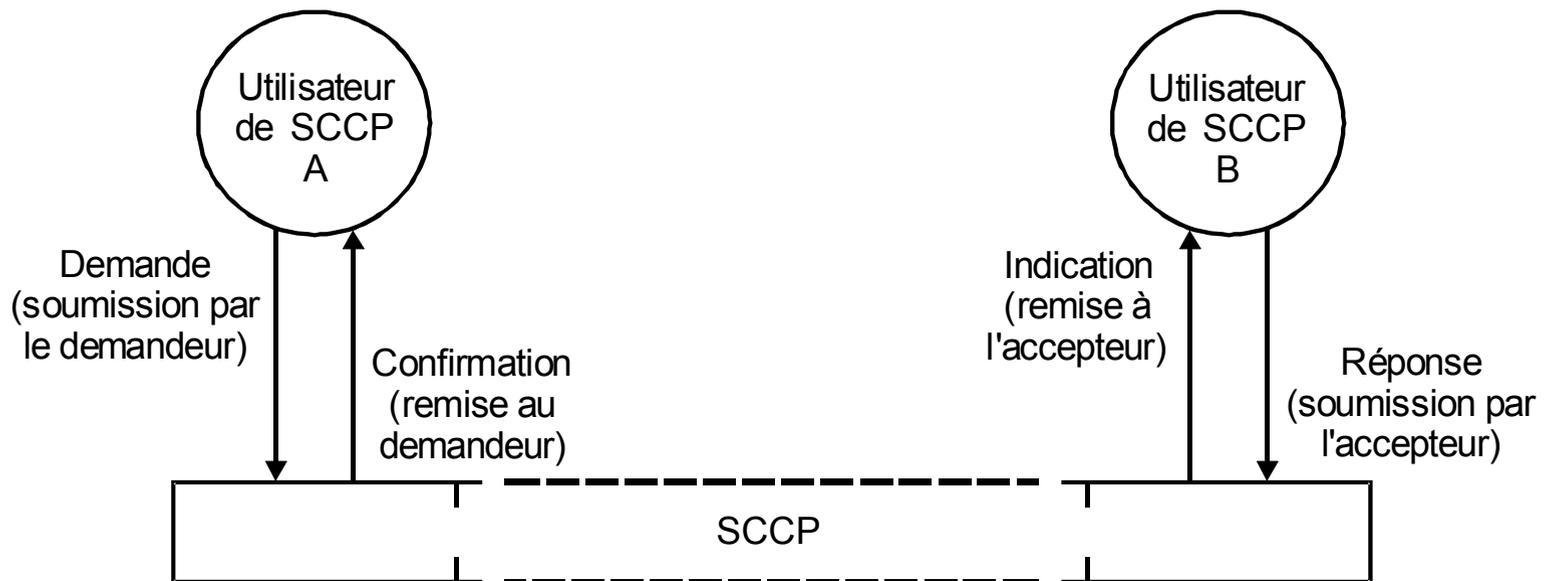
- Couche réseau conforme au Modèle de référence X200 de l'OSI :
 - Primitives
 - PDU
 - SAP
 - Service de paquets
- Service de nommage avec PC (Code de Point sémaphore), SSN (Numéro de sous système) et appellation globale

Services de SCCP

- Segmentation
- Transfert sans connexion et transfert orienté connexion
 - Classe 0 : sans connexion de base
 - Classe 1 : sans connexion avec séquençement
 - Classe 2 : orienté connexion de base
 - Classe 3 : orienté connexion avec contrôle de flux
- Plusieurs modes d'Adressage

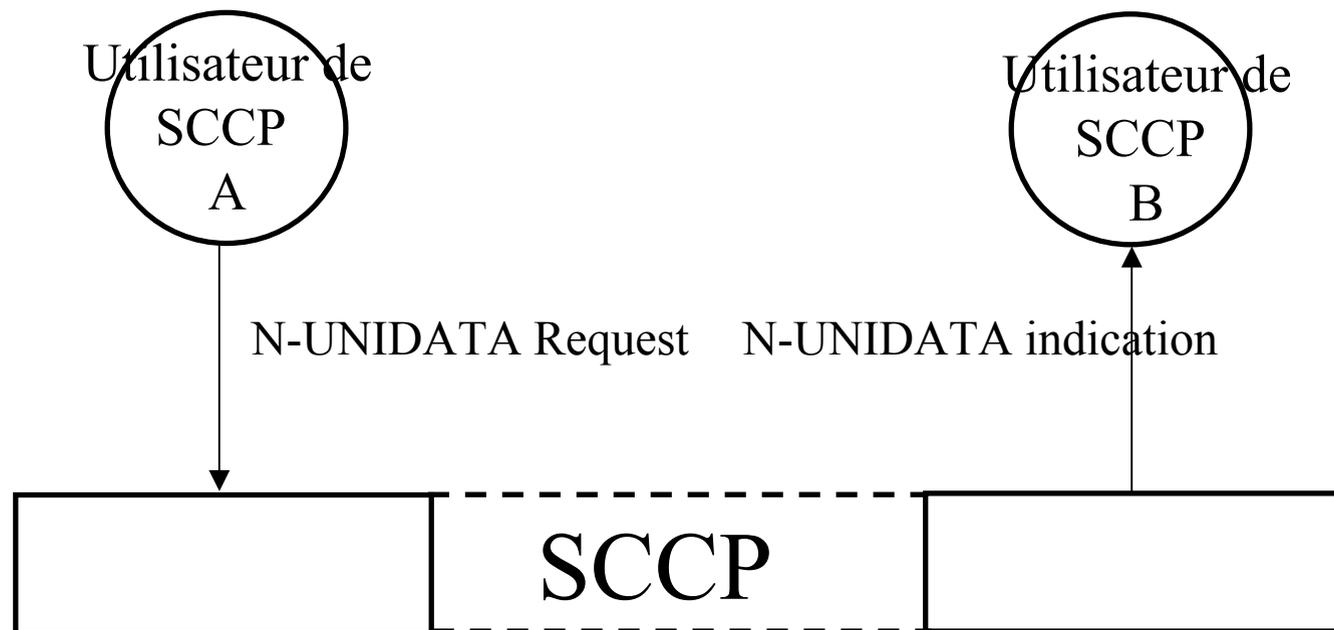
Schéma général des primitives

•Schéma général



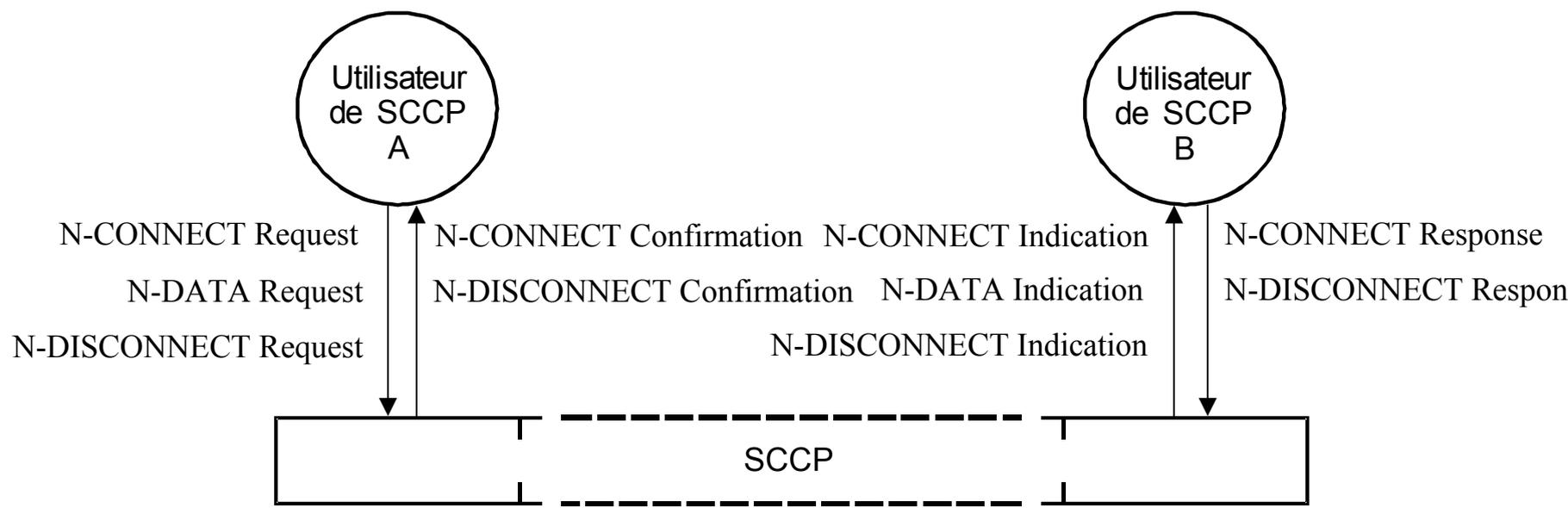
Primitives en mode sans connexion

- Schéma général



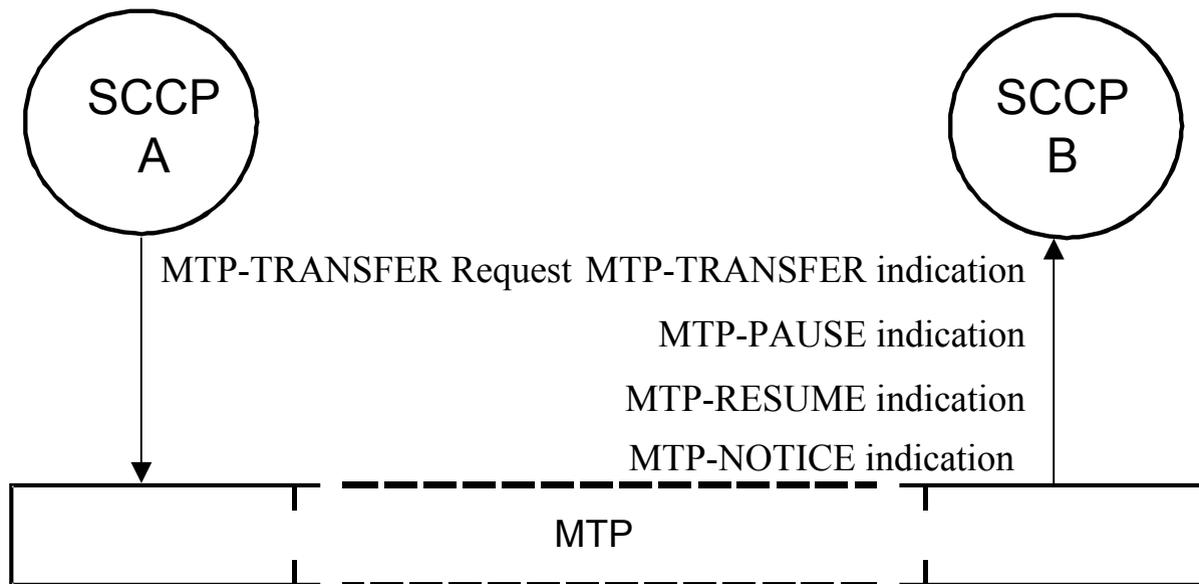
Primitives en mode connecté

•Schéma général



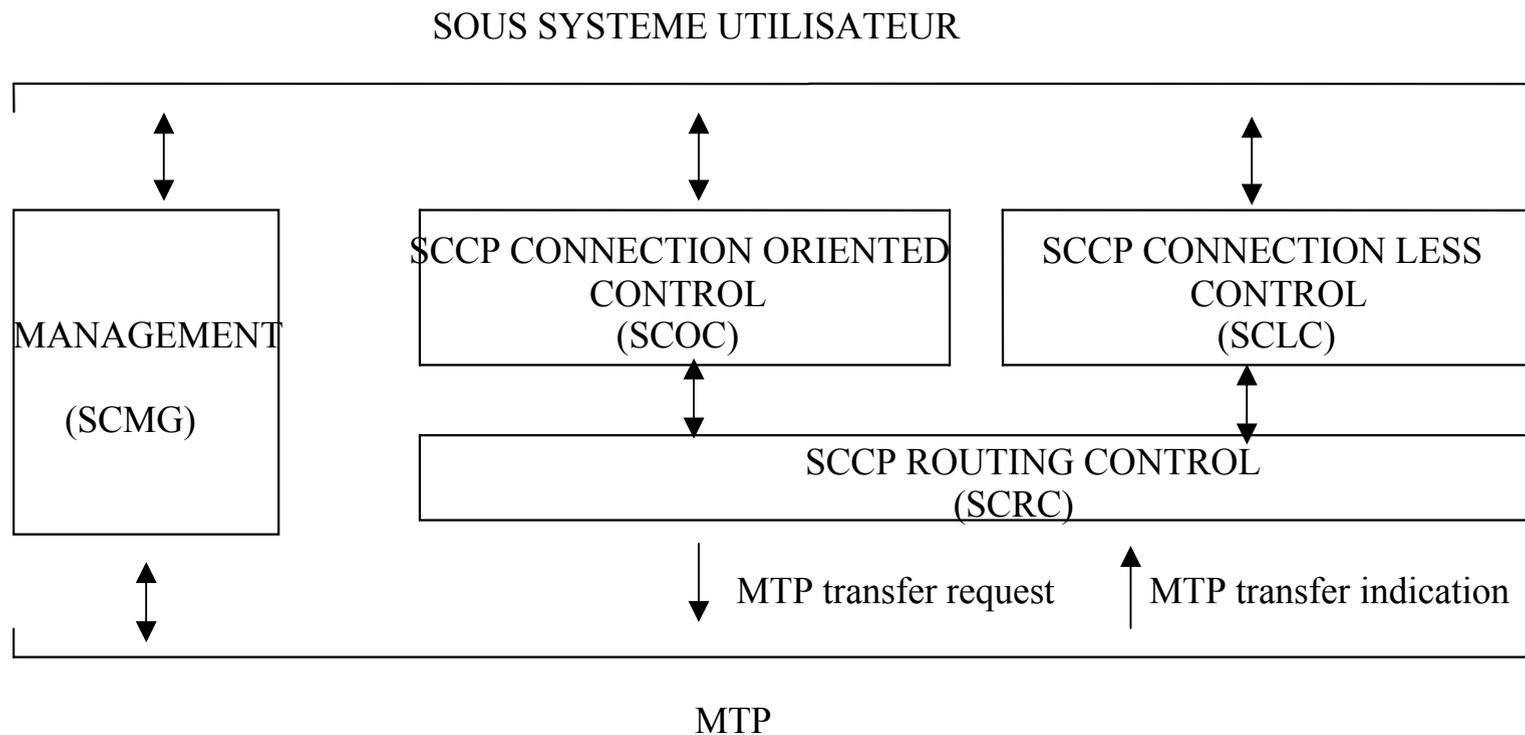
Utilisation de MTP

- Schéma général

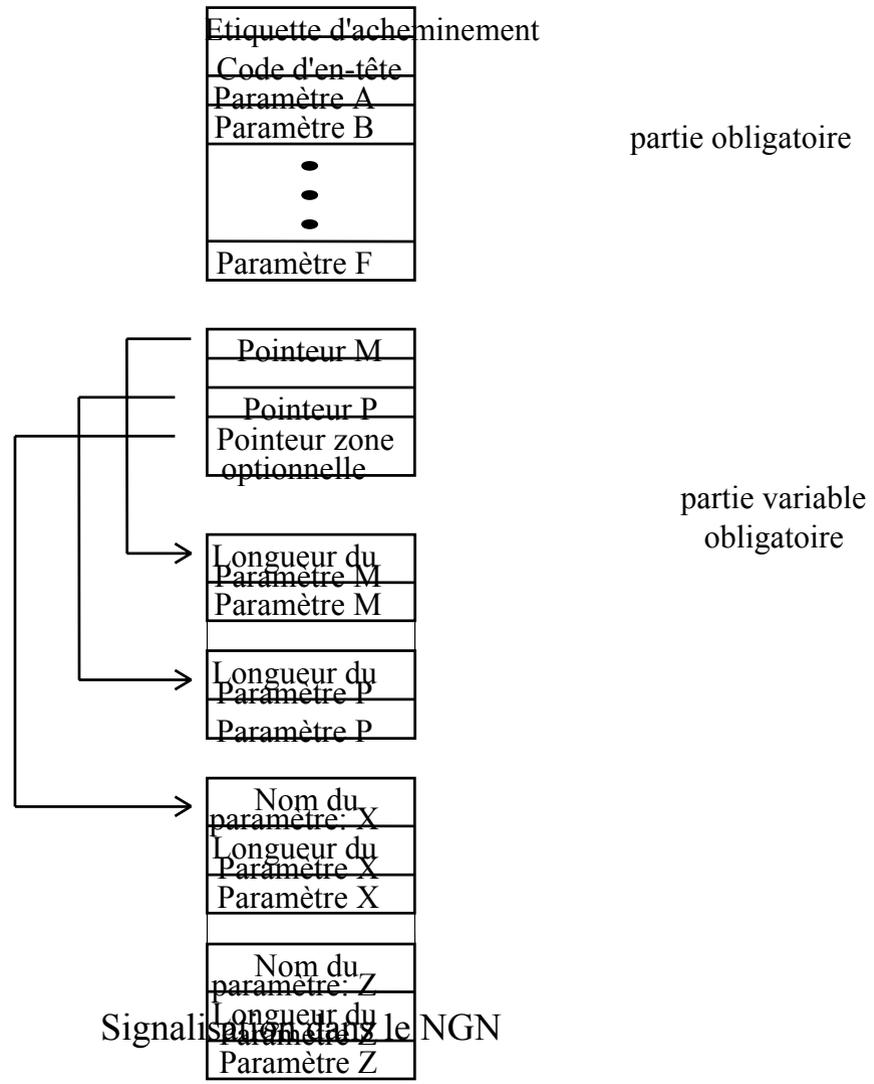


Architecture de SCCP

•Schéma général



Structure des messages SCCP



Trace Message SCCP

```
 9 F| 0000 1001 |MT = Unitdata (UDT)
10 F| 1000 0001 |Protocol Class = class 1
11 V| 0000 0011 |Pointer to Called Party Address Parameter = 3
12 V| 0000 0111 |Pointer to Calling Party Address Parameter = 7
13 V| 0000 1011 |Pointer to Data Parameter = 11
14 V| 0000 0100 |LI of Called Party Address parameter = 4 octets
15 V| 0100 0011 |Address Indicator : PC included, SSN included, Rtg
Ind=1
16 V| 1001 0101 | Point Code : 10901 dec, 2A95 hex
17 V| 0010 1010 | Point Code
18 V| 1110 0011 | Subsystem Number = spare
19 V| 0000 0100 |LI of Calling Party Address parameter=4 octets
20 V| 0100 0011 |Address Indicator : PC included, SSN included, Rtg
Ind=1
21 V| 0000 0101 | Point Code : 10757 dec, 2A05 hex
22 V| 0010 1010 | Point Code
23 V| 1110 0011 | Subsystem Number = spare
24 V| 0101 0001 |LI of Data parameter = 81 octet(s)
```

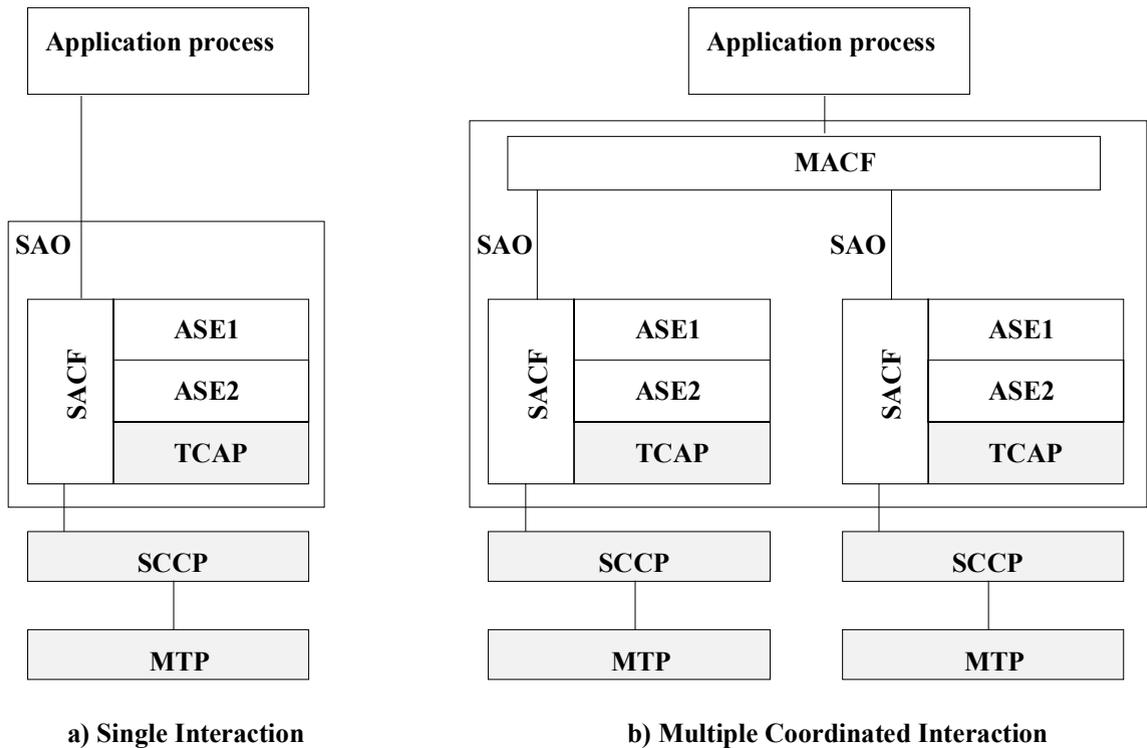

TCAP ou le mode associé

TCAP est un service d'appel au dessus d'un réseau sans connexion

TCAP maintient l'association persistante entre 2 processus, même sans activité des processus utilisateurs

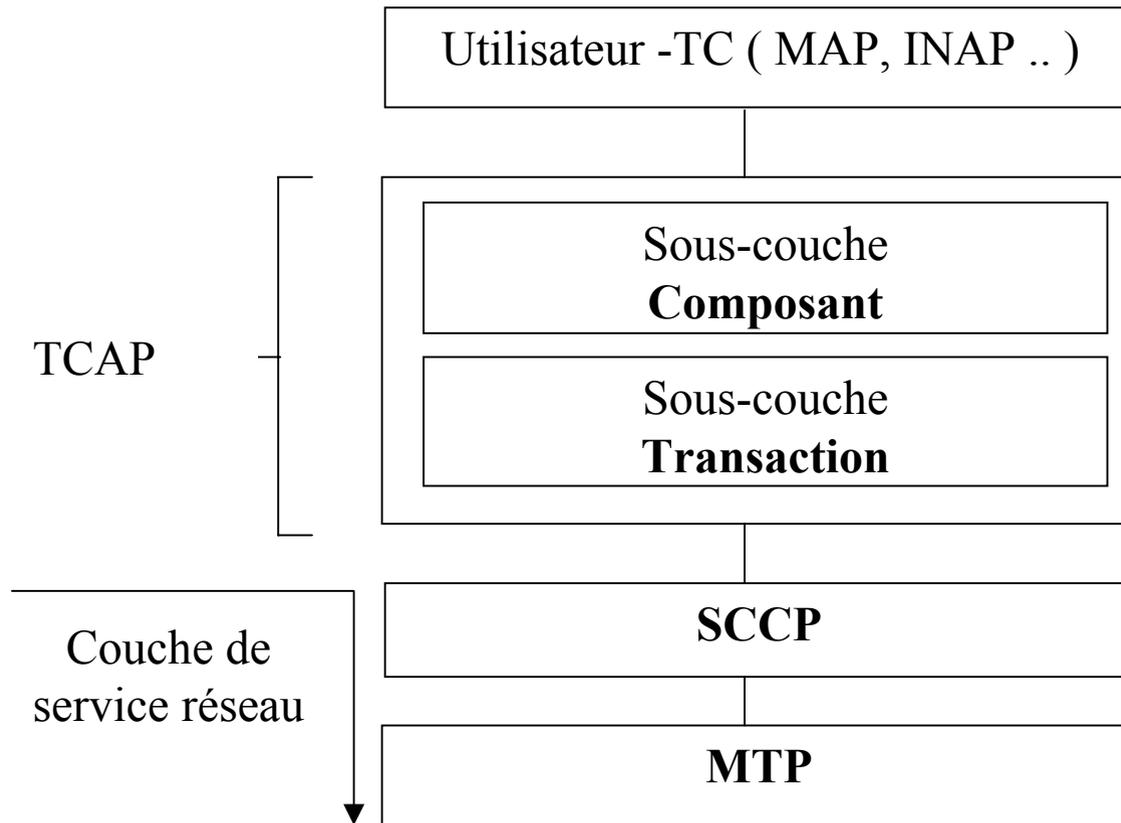
TCAP ne peut fonctionner qu'au dessus d'un réseau sans connexion (SCCP classes 0 ou 1)

Exemple d'utilisation de TCAP



SAO = Single Association Object
 SACF = Single Association Control Function
 MACF = Multiple Association Control Function
 ASE = Association Service Element

Structure de TCAP



Primitives de dialogue de TCAP

| Nom | Type | Fonction |
|-------------|-----------------------|---|
| TC-UNI | Request Indication | Requête/indication d'un dialogue non structuré |
| TC-BEGIN | Request Indication | Pour commencer un dialogue |
| TC-CONTINUE | Request Indication | Continue un dialogue |
| TC-END | Request Indication | Termine un dialogue |
| TC-U-ABORT | Request Indication | Permet à un TC-user de terminer un dialogue sans transmettre les Composants en attente |
| TC-P-ABORT | Request Indication | Informe le TC-user que le dialogue a été interrompu par la sous couche transaction en réaction à une <i>transaction abort</i> . |
| TC-NOTICE | Request Indication | Informe le TC-user que le fournisseur de service réseau est incapable de fournir le service demandé |

TC-BEGIN

| Parameter | Primitive: TC-BEGIN | |
|---|---------------------|--------------|
| | Request | Indication |
| Quality of Service | U | O (Note 2) |
| Destination address | M | M (Note 1) |
| Application context | U | C (=) |
| Originating address <small>name</small> | M (Note1) | <u>M (=)</u> |
| Dialogue ID | M | M |
| User information | <u>U (Note3)</u> | C (=) |
| Components present | | M |
| <p>Note 1 - This parameter may be implicitly associated with the access point at which the primitive is issued.</p> <p>Note 2 - When this information is made available by the underlying sublayer, then it must also be passed Up to the service user.</p> <p>Note 3 - The user information can only be included if the application context name parameter is also included.</p> | | |

TC-CONTINUE

| Paramètre | Primitive: TC-CONTINUE | |
|-------------------------------|------------------------|------------|
| | demande | indication |
| Qualité de service | U | O (Note 1) |
| Adresse d'origine | O | (Note 2) |
| Nom du contexte d'application | U | C (=) |
| Identificateur de dialogue | M | M |
| Information d'utilisateur | U (Note 3) | C (=) |
| Composants présents | | M |

TC-END

| Paramètre | Primitive: TC-END | |
|-------------------------------|-------------------|------------|
| | demande | indication |
| Qualité de service | U | O (Note 1) |
| Identificateur de dialogue | M | M |
| Nom du contexte d'application | U (Note 2) | C (=) |
| Composants présents | | M |
| Information d'utilisateur | U (Note 3) | C (=) |
| Terminaison | M | |

Primitives de composants

| Nom | Type | Fonction |
|--------------------------------|--------------------|---|
| TC-INVOKE | Request Indication | Demande d'une opération qui peut être liée à une autre demande d'opération. |
| TC-RESULT-L | Request Indication | Le seul résultat ou le dernier segment* d'un résultat segmenté d'une opération réussie. |
| TC-RESULT-NL | Request Indication | Non-dernière partie d'un résultat segmenté* d'une opération réussie. |
| TC-U-ERROR | Request Indication | Réponse à une demande d'opération indiquant l'échec de l'exécution de l'opération |
| TC-L-CANCEL | Request Indication | Informe le TC-user en local que la demande d'opération est terminée à cause d'un timeout |
| TC-U-CANCEL | Request Indication | Terminaison d'une demande d'opération en local, selon la décision du TC-user |
| TC-L-REJECT (reject local) | Request Indication | Informe le TC-user local que la sous couche Composant a détecté une Composant invalide |
| TC-R-REJECT (rejet distant) | Request Indication | Informe le TC-user local qu'un Composant a été rejeté par la sous couche Composant distante |
| TC-U-REJECT | Request Indication | Rejet d'un Composant par le TC-user |

TC-INVOKE

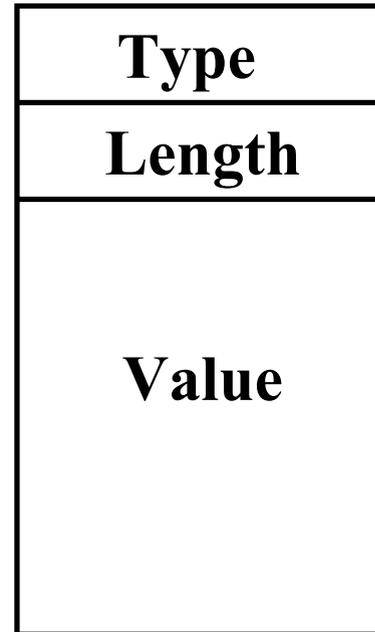
| Paramètre | Primitive: TC-INVOKE | |
|-------------------------------|----------------------|------------|
| | demande | indication |
| Identificateur de dialogue | M | M (Note) |
| Classe | M | |
| Identificateur d'invocation | M | M (=) |
| Identificateur de corrélation | U | C (=) |
| Opération | M | M (=) |
| Paramètres | U | C (=) |
| Dernier composant | | M |
| Temporisation | M | |

TC-RESULT

| Paramètre | demande TC-RESULT-L TC-RESULT-NL | indication TC-RESULT-L TC-RESULT-NL |
|---|---|--|
| Identificateur de dialogue | M | M |
| Identificateur d'invocation | M | M (=) |
| Opération | U (Note) | C (=) |
| Paramètres | U | C (=) |
| Dernier composant | | M |
| NOTE – Obligatoire lorsque la primitive contient le paramètre Paramètres. | | |

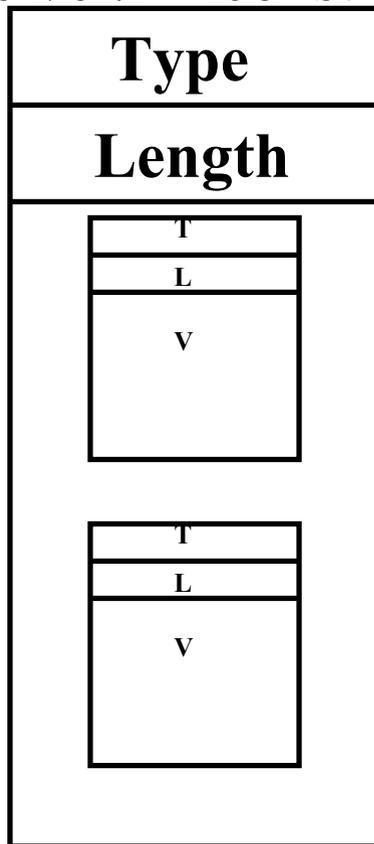
Messages TCAP : codage ASN1

- Elements d'information ASN1 : structure TLV



Messages TCAP

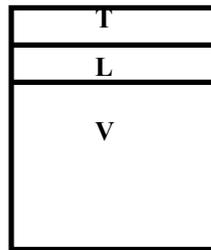
- Structure Récursive : EI constructeur



Signalisation dans le NGN

Messages TCAP

- EI primitif



Trace : OTID

```
25 M| 0110 0010 |TCAP Message Type = Begin
26 M| 0|1001111 |Total TCAP Message length = 79 octets
27 M| 0100 1000 |Originating Transaction ID tag
28 M| 0|0000100 |Originating Transaction ID length = 4
octets
29 M| 0001 0101 |Transaction ID
30 M| 1000 1001 |Transaction ID
31 M| 1001 0011 |Transaction ID
32 M| 1101 1011 |Transaction ID
```

Trace : dialogue ID

```
33 M| 0110 1011 |Dialogue tag
34 M| 0|0011101 |Dialogue length = 29 octet(s)
35 M| 0010 1000 |External tag
36 M| 0|0011011 |External length = 27 octet(s)
37 M| 0000 0110 |Object Identifier tag
38 M| 0|0000111 |Object Identifier length = 7 octet(s)
39 M| 0000 0000 |Dialogue-as-ID value ccitt
40 M| 0001 0001 |Dialogue-as-ID value q
41 M| 1000 0110 |Dialogue-as-ID value 773
42 M| 0000 0101 |Dialogue-as-ID value
43 M| 0000 0001 |Dialogue-as-ID value as
44 M| 0000 0001 |Dialogue-as-ID value DialoguePDU
45 M| 0000 0001 |Dialogue-as-ID value version1
```

Trace : Dialogue Request

```
46 M| 1010 0000 |Single-ASN.1-type tag
47 M| 0|0010000 |Single-ASN.1-type length = 16 octet(s)
48 M| 0110 0000 |Dialogue Request (AARQ-apdu) tag
49 M| 0|0001110 |Dialogue Request (AARQ-apdu) length = 14 octet(s)
50 M| 1010 0001 |Application Context Name tag
51 M| 0|0001100 |Application Context Name length = 12 octet(s)
52 M| 0000 0110 |Object Identifier tag
53 M| 0|0001010 |Object Identifier length = 10 octet(s)
54 M| 0000 0010 |Application Context Name Undefined standards body
55 M| 1000 0010 |Application Context Name Undefined
56 M| 0000 0110 |Application Context Name Undefined
57 M| 0000 0001 |Application Context Name Undefined
58 M| 0000 0011 |Application Context Name Undefined
59 M| 0101 1010 |Application Context Name Undefined
60 M| 0000 0000 |Application Context Name Undefined
61 M| 0000 0001 |Application Context Name Undefined
62 M| 0000 0000 |Application Context Name Undefined
63 M| 0000 0000 |Application Context Name Undefined
```

Trace : composant Invoke « initial DP »

```
64 M| 0110 1100 |Component Portion tag
65 M| 0|0101000 |Component Portion length = 40 octets
66 M| 1010 0001 |Component Type Tag = Invoke
67 M| 0|0100110 |Component length = 38 octets
68 M| 0000 0010 |Invoke ID tag
69 M| 0|0000001 |Invoke ID length = 1 octet
70 M| 0000 0001 |Invoke ID
71 M| 0000 0010 |Local Operation Code tag
72 M| 0|0000001 |Local Operation Code length = 1 octet
73 F| 0000 0000 |Operation Code = Initial DP
```


5- Signalisation de connexion : ISUP

- Les principes du contrôle de connexion
- Signalisation analogique à l'UNI
- Signalisation numérique à l'UNI, le RNIS
- Signalisation numérique au NNI, la signalisation sémaphore
- ISUP

Sommaire

- La normalisation de ISUP
- Messages ISUP

Versions de ISUP

Livre rouge (84), livre bleu (88) : TUP+

L'ISUP INTERFACE INTERNATIONALE : ISUP Q.767 publiée en 1991. Une norme mondiale fonctionnellement équivalente au TUP+ (PILC et RILC en plus)

ETSI: Q.767= ETSI ISUP V 1 (ETS 300121)

ISUP 92 : sous ensemble de l'ISUP livre blanc, compatible avec Q 767

ETSI: ETSI ISUP V 2 (DE/SPS/6001)

ISUP Q764

ISUP 2000

ISUP: Structure des messages

| |
|----------------------------------|
| étiquette d'acheminement |
| code d'identification de circuit |
| code du type de message |
| partie fixe obligatoire |
| partie variable obligatoire |
| partie facultative |

Format des messages ISUP

| |
|--|
| Etiquette d'acheminement |
| Code d'identification de circuit CIC |
| Type de message |
| Paramètre obligatoire A |
| • |
| • |
| • |
| Paramètre obligatoire F |
| Pointeur du paramètre M |
| • |
| • |
| • |
| Pointeur du paramètre P |
| Pointeur de début de partie facultative |
| Indicateur de longueur du paramètre M |
| Paramètre M |
| Indicateur de longueur du paramètre P |
| Paramètre P |
| Nom du paramètre = X |
| indicateur de longueur du paramètre X |
| Paramètre X |
| Nom du paramètre = Z |
| Indicateur de longueur du paramètre Z |
| Paramètre Z |
| Fin du domaine des paramètres facultatifs |

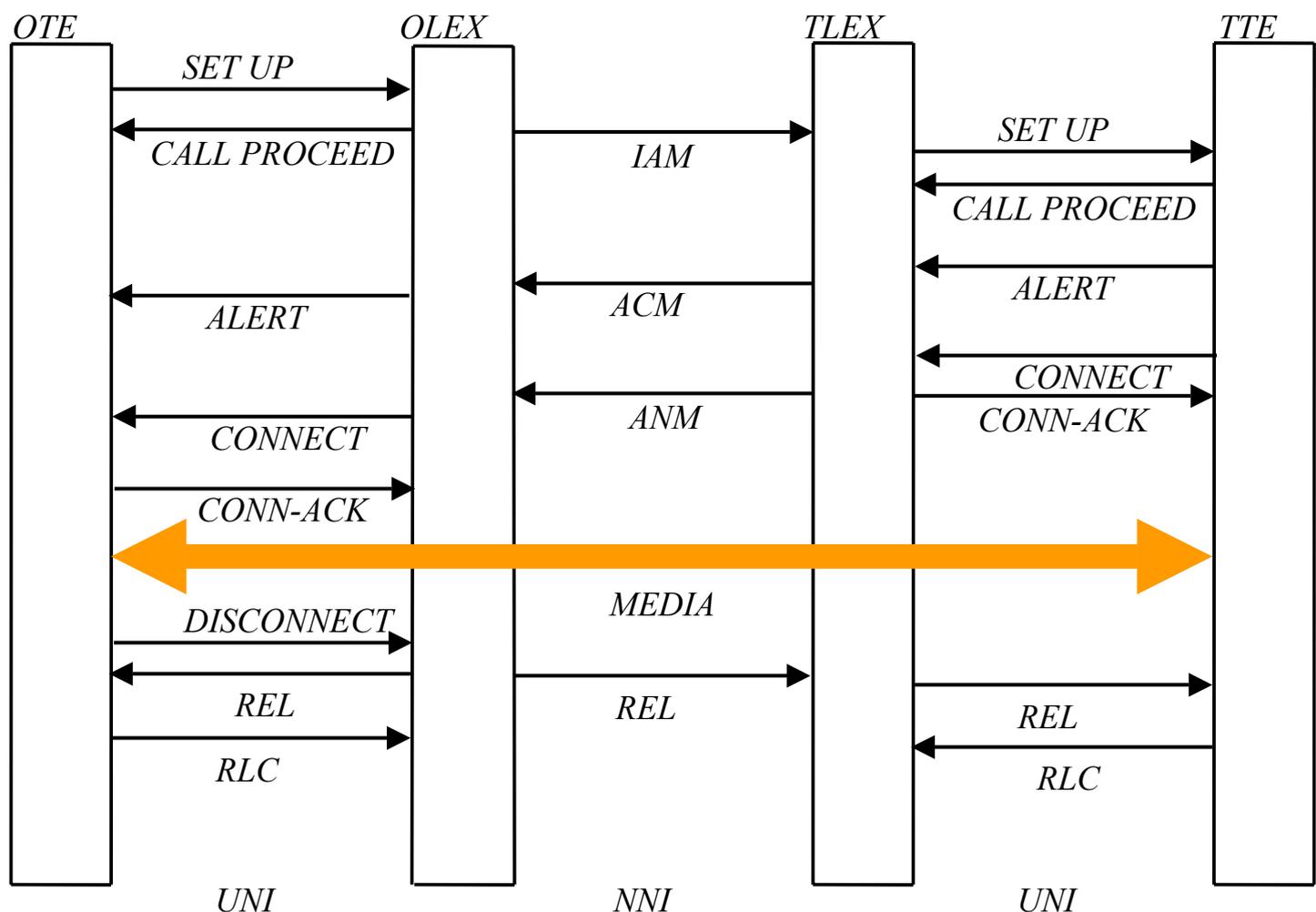
Les messages ISUP

| | | |
|-------|------------------------------|-----|
| MIA : | Message initial d'adresse | IAM |
| MSA : | Message subséquent d'adresse | SAM |
| ACO : | Adresse complète | ACM |
| PRG : | Progression | CPG |
| REP: | Réponse | ANM |
| CON: | Connexion | CON |
| IOP: | Intervention | |
| SUS: | Suspension | SUS |
| RPR: | Reprise | RES |
| LIB : | Libération | REL |
| LIT : | Libération terminée | RLC |

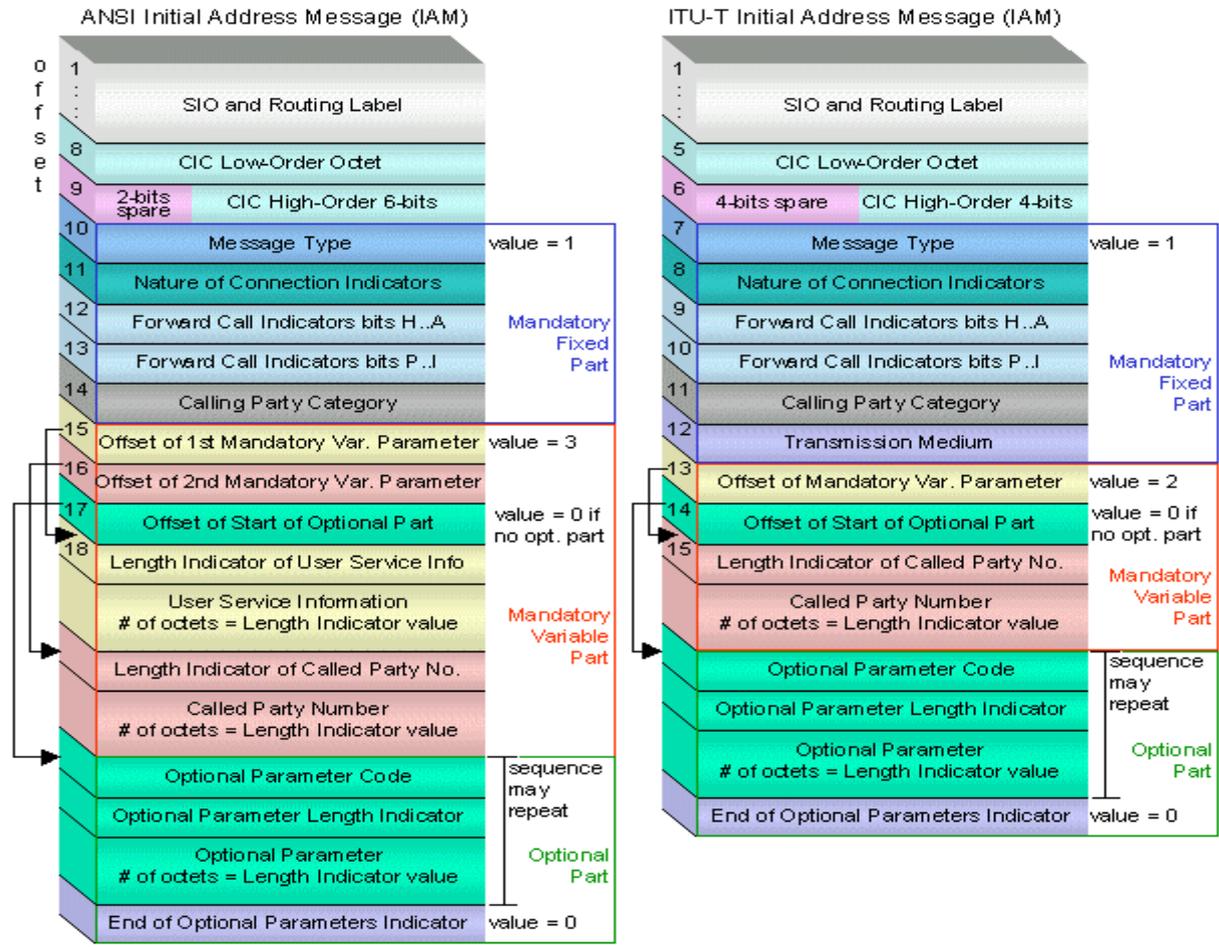
Les messages ISUP (suite)

| | | |
|--------------|---|-------------|
| CCP : | Contrôle de continuité | COT |
| CCD : | Demande de contrôle de continuité | CCR |
| BLO : | Blocage | BLO |
| BLA : | Accusé de réception de blocage | BLA |
| BLG : | Blocage de groupe de circuits | CGB |
| BGA : | Accusé de réception de blocage de groupe de circuits | CGA |
| DBO : | Déblocage | |
| DBA : | Accusé de réception de déblocage | |
| DBG : | Déblocage de groupe de circuits | CGU |
| DGA : | Accusé de réception de déblocage de groupe de circuits | CGUA |
| RZC : | Remise à zéro de circuit | |
| RZG : | Remise à zéro de groupe de circuits | |
| RZA : | Accusé de réception de remise à zéro de groupe de circuits | |

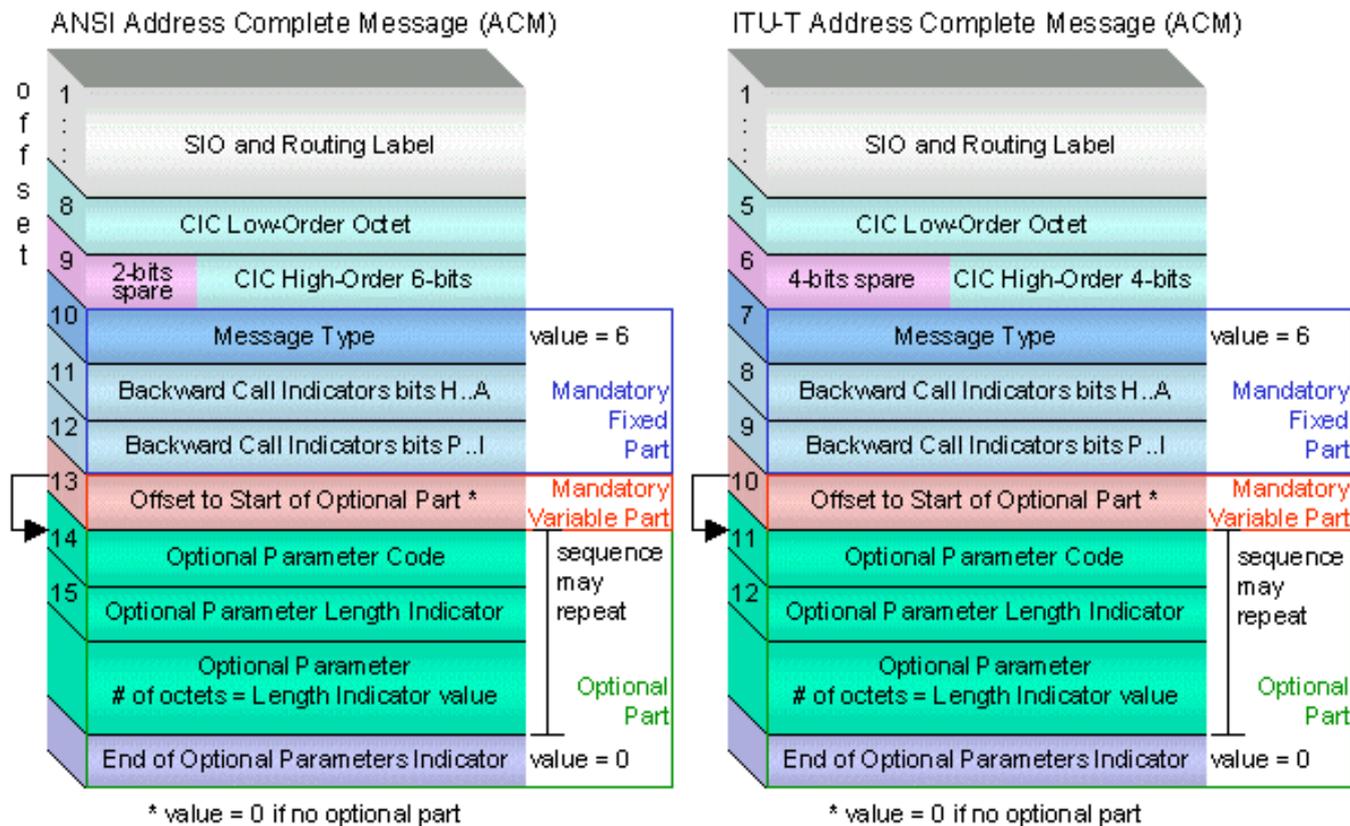
ISUP : chronogramme des échanges



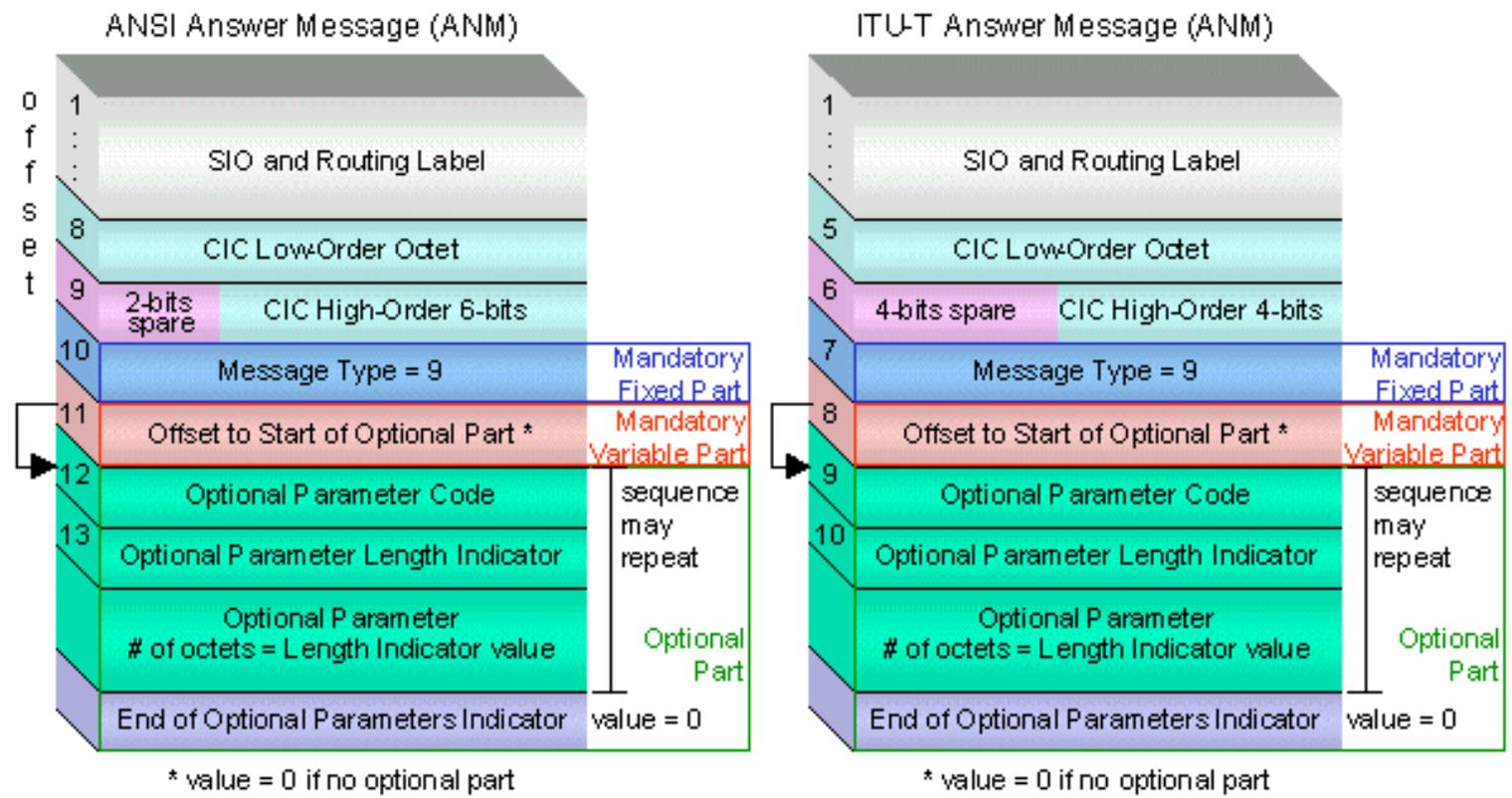
ISUP: Message IAM



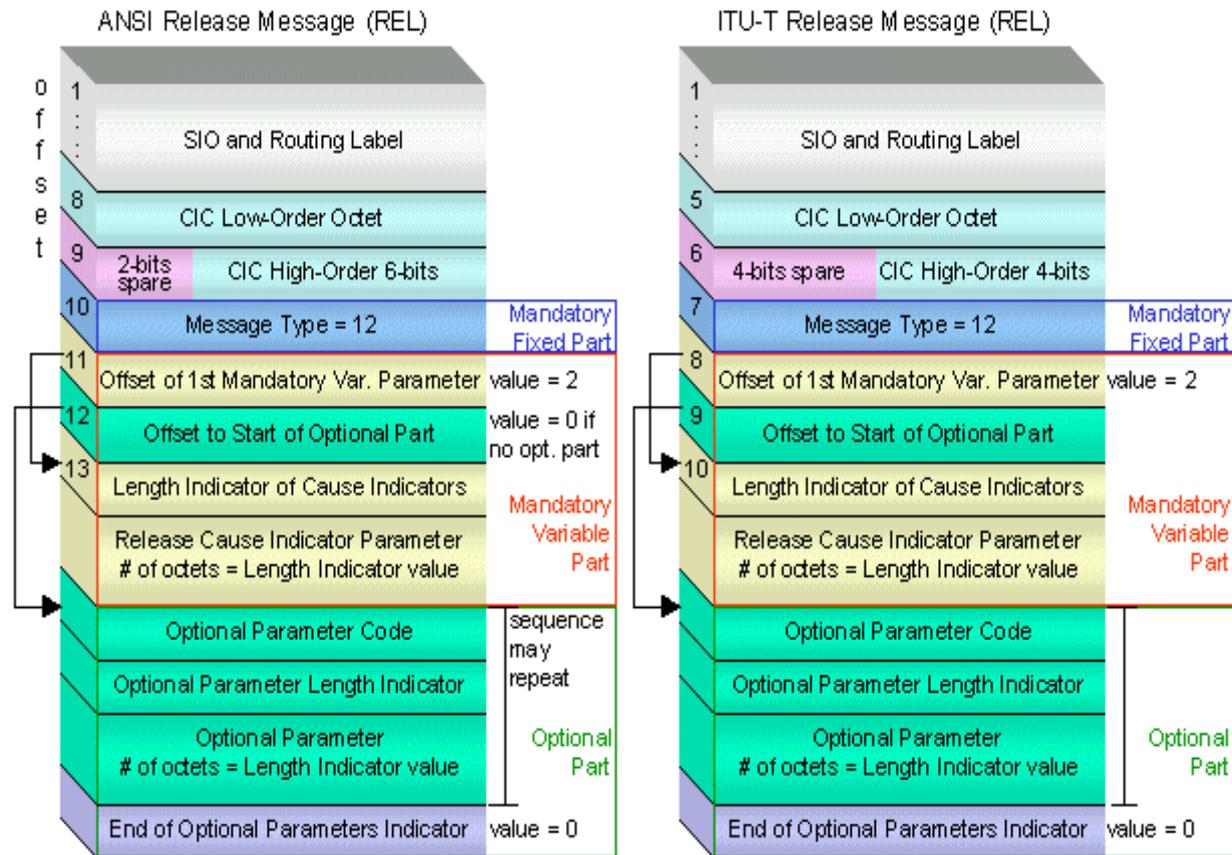
ISUP: Message ACM



ISUP: Message ANM



ISUP: Message REL



SIGTRAN

- C. Rigault (ENST)
- claude.rigault@enst.fr

Sommaire

Objectifs et piles de protocoles

M3UA

M2UA-M2PA

SCTP

1- Objectifs et protocoles

Objectifs et piles de protocoles

M3UA

M2UA-M2PA

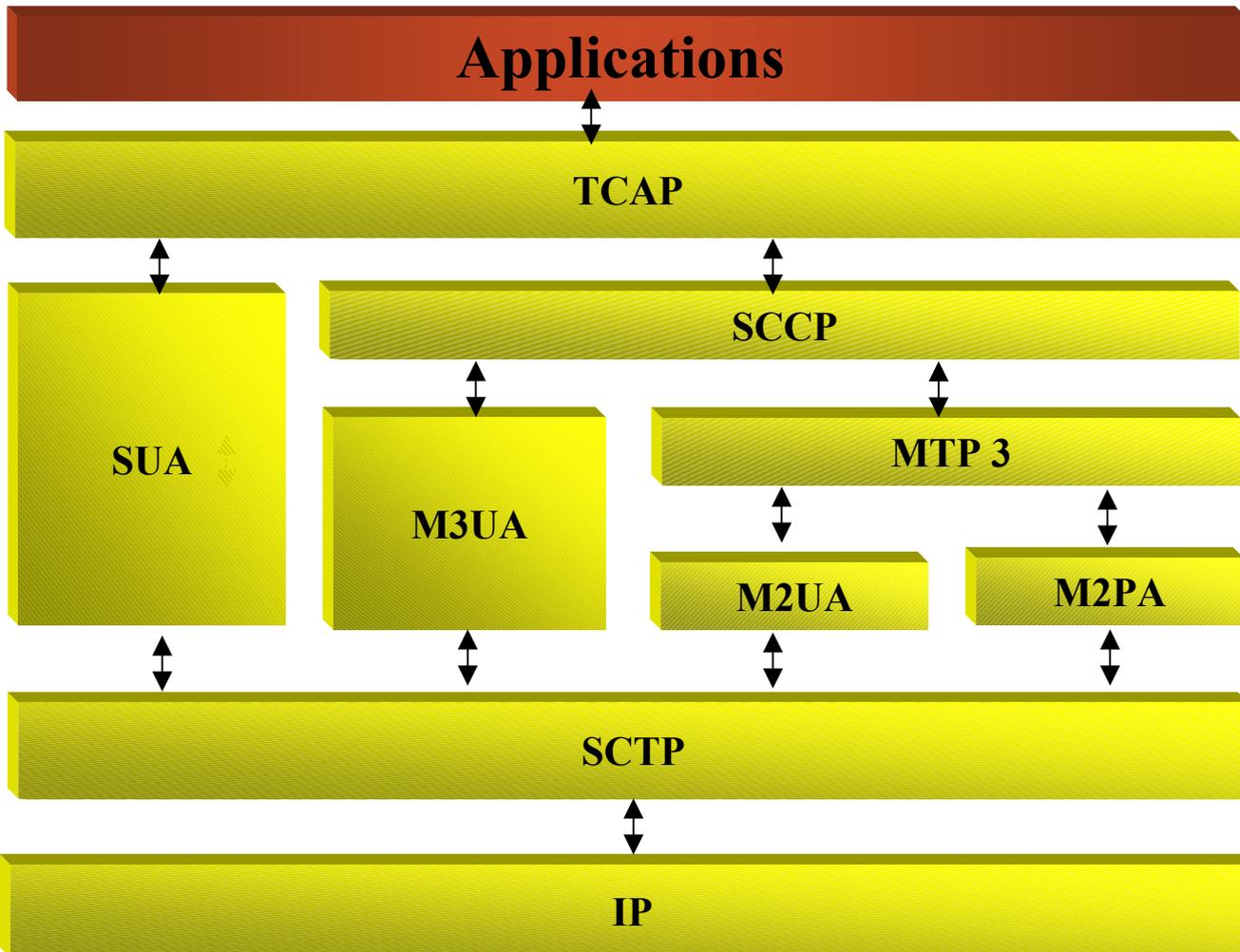
SCTP

Objectifs de SIGTRAN

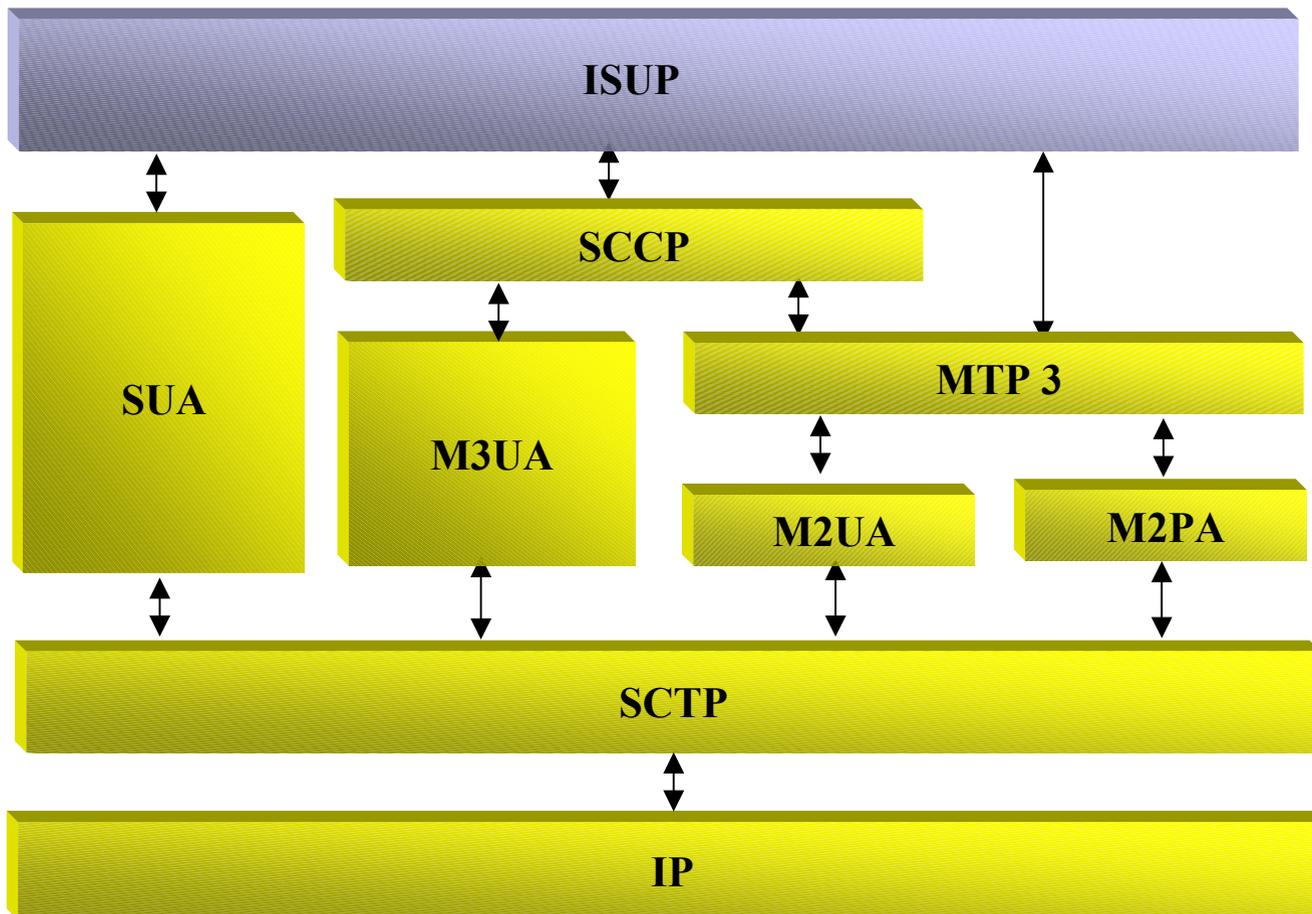
SIGTRAN est une architecture de protocoles destinée à faire transporter des messages de signalisation par des réseaux IP

L'architecture SIGTRAN est définie par le RFC 2719

Piles de protocoles SIGTRAN



Piles de protocoles SIGTRAN (2)



2- M3UA

Objectifs et piles de protocoles

M3UA

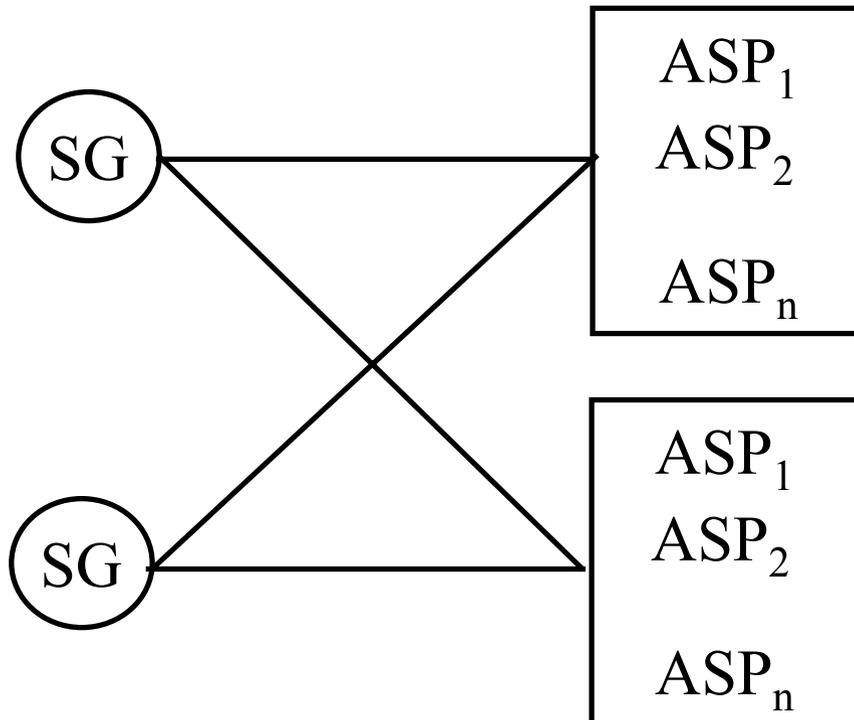
M2UA-M2PA

SCTP

Composants d'un réseau M3UA

Signaling Gateway, **SG**

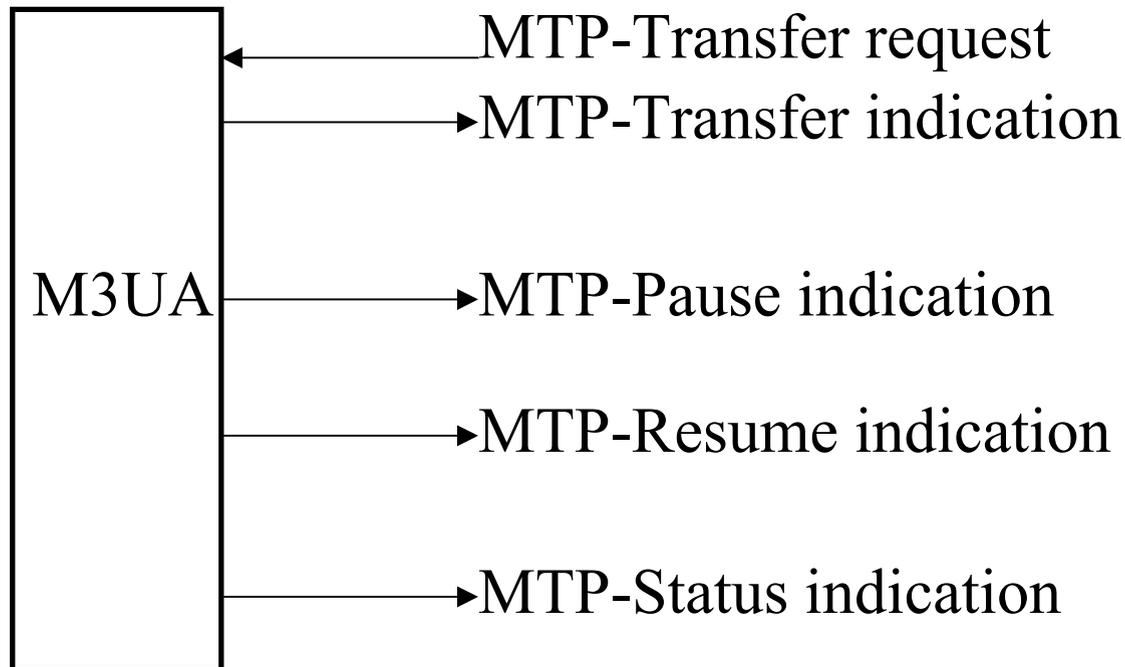
Application Server Process **ASP**



Routing Key

Détermine une route de signalisation

Primitives



Messages M3UA

| Version | réserve | Classe | Type |
|----------|---------|--------|------|
| Longueur | | | |
| Contenu | | | |

Classes de Messages M3UA

Class

- 0 Management Messages
- 1 Transfer Messages
- 2 SS7 Signaling Network Management Messages (SSNM)
- 3 ASP State Maintenance Messages (ASPSM)
- 4 ASP Traffic Maintenance Messages (ASPTM)
- 5 ...
- 6 M2UA Messages (MAUP)
- 7 ...
- 8 ...
- 9 Message de Routing Key Management (RKM)
- 10 M2UA Interface Identifier Management Messages (IIM)
- 11 M2PA Messages

...

M3UA Management Messages

Classe 0

Type:

0 Error (ERR)

1 Notify (NTFY)

M3UA Transfer Messages

Classe 1

Type:

1 data

M3UA Signaling Network Management Messages SSNM

Classe 2

Type

| | | |
|---|-----------------------------------|-------|
| 1 | Destination Unavailable | DUNA |
| 2 | Destination Available | DAVA |
| 3 | Destination State Audit | DAUDA |
| 4 | SS7 Network congestion | SCON |
| 5 | Destination User Part Unavailable | DUPU |
| 6 | Destination Restricted | DRST |

M3UA ASP State Management

Messages ASPSM

Classe 3

Type

| | | |
|---|---------------------------|-----------|
| 1 | ASP Up | ASPUP |
| 2 | ASP Down | ASPDN |
| 3 | Heartbeat | BEAT |
| 4 | ASP Up Acknowledgement | ASPUP ACK |
| 5 | ASP Down Acknowledgement | ASPDN ACK |
| 6 | Heartbeat Acknowledgement | BEAT ACK |

M3UA ASP Traffic Management Messages ASPTM

Classe 4

Type

| | | |
|---|------------------------------|-----------|
| 1 | ASP Active | ASPAC |
| 2 | ASP Inactive | ASPIA |
| 3 | ASP Active Acknowledgement | ASPAC ACK |
| 4 | ASP Inactive Acknowledgement | ASPIA ACK |

M3UA Routing Key Management Messages RKM

Classe 4

Type

| | | |
|---|-------------------------|-----------|
| 1 | Registration Request | REG REQ |
| 2 | Registration Response | REG RES |
| 3 | Deregistration Request | DEREG REQ |
| 4 | Deregistration Response | DEREG RES |

3- M2UA / M2PA

Objectifs et piles de protocoles

M3UA

M2UA-M2PA

SCTP

Comparaison M2UA / M2PA

M2PA (MTP2 Peer to peer Adaptation layer) est l'exact équivalent de MTP2 : c'est un canal sémaphore avec un SP (identifié par un point code) à chaque bout

M2UA (MTP2 User Adaptation layer) est un déport de la fonction SP d'une machine. Le point code est partagé entre les deux extrémités

Messages M2UA : MAUP

Classe 6

Type

- | | |
|---|--------------------|
| 1 | DATA |
| 2 | ESTABLISH REQUEST |
| 3 | ESTABLISH CONFIRM |
| 4 | RELEASE REQUEST |
| 5 | RELEASE CONFIRM |
| 6 | RELEASE INDICATION |
| 7 | STATE REQUEST |
| 8 | STATE CONFIRM |
| 9 | STATE INDICATION |

Messages M2UA : MAUP (suite)

Classe 6

Type

- 10 DATA RETRIEVAL REQUEST
- 11 DATA RETRIEVAL CONFIRM
- 12 DATA RETRIEVAL INDICATION
- 13 DATA RETRIEVAL COMPLETE INDICATION
- 14 CONGESTION INDICATION

Messages M2UA :

Interface Identifier Management IIM

Classe 10

Type

| | | |
|---|-------------------------|-----------|
| 1 | Registration Request | REG REQ |
| 2 | Registration Response | REG RES |
| 3 | Deregistration Request | DEREG REQ |
| 4 | Deregistration Response | DEREG RES |

Messages M2PA : User Data Message

Classe 11

User data Message



Les champs F, BIB, BSN, FIB, FSN de MTP2 ne sont pas fournis
Il n'y a pas de trame FISU

Messages M2PA : Link State Message

Classe 11

State Parameter

- 1 Alignment
- 2 Proving Normal
- 3 Proving Emergency
- 4 Ready
- 5 Processor Outage
- 6 Processor Outage Ended
- 7 Busy
- 8 Busy Ended
- 9 Out of Service
- 10 In Service

4- Le protocole SCTP

Objectifs et piles de protocoles

M3UA

M2UA-M2PA

SCTP

TCP/IP inadéquat pour la signalisation

Ni TCP ni UDP ne sont capables de fournir la vitesse et la fiabilité requises par la signalisation

TCP est un protocole orienté octets

TCP souffre du problème du « Head of line blocking »

Stream Control Transmission Protocol SCTP

SCTP est un protocole de transport s'appuyant sur des couches réseaux de type non fiable et apportant les services suivants :

- Remise fiable des messages issues des couches supérieures
- Remise en séquence optionnelle des messages appartenant à un même flux (stream)

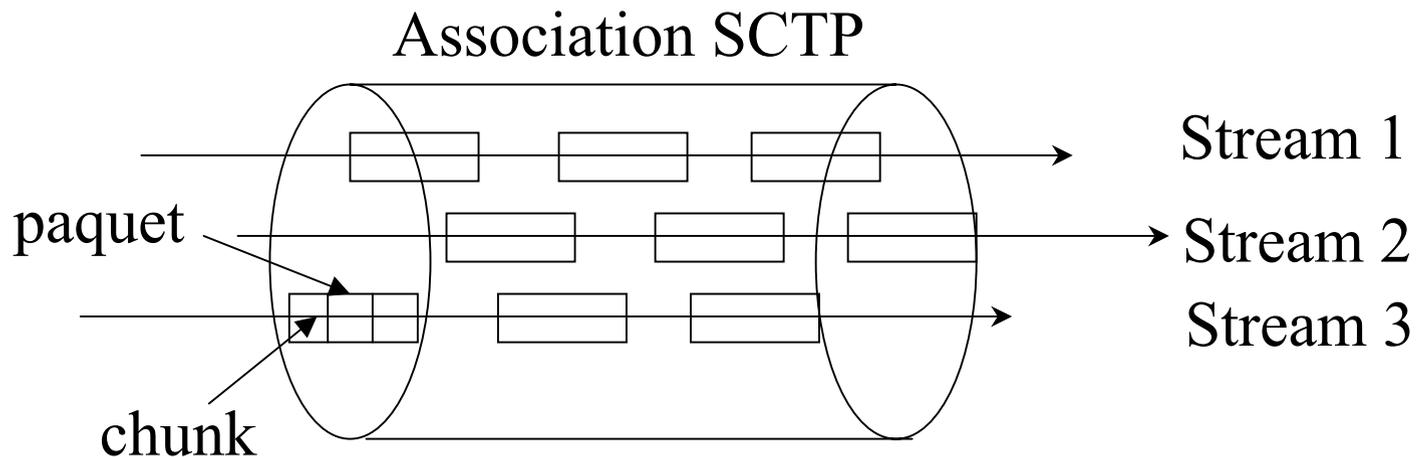
SCTP est défini par le RFC 2960

Adressage et connexion SCTP

- Tout comme TCP, SCTP est un protocole orienté connexion.
- Une connexion SCTP est appelée « association »
- Une association est défini par deux couples d'adresses de transport (adresse IP, numéro de port) source et destination
- Les couches supérieures (ISUP, SCCP, TCAP) ne sont pas au courant de cette association \Rightarrow nécessité d'une couche d'adaptation

Streams, Packets, Chunks

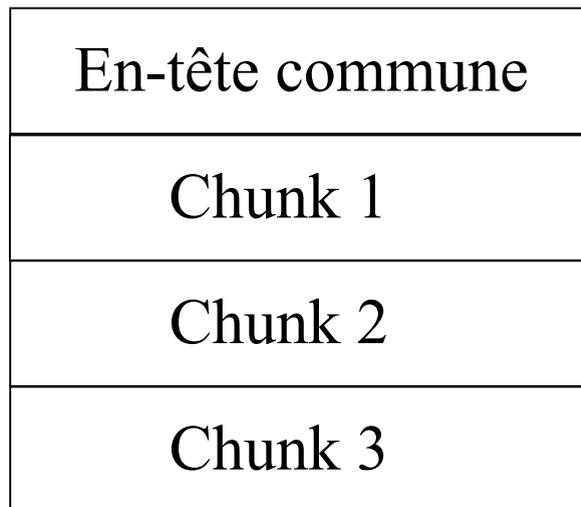
- A la différence de TCP, SCTP ne transporte pas un flux d'octets, mais des flux de messages (streams) contenus dans des paquets eux mêmes composés de « chunks »
- La perte de messages au niveau d'un flux ne bloque pas les autres flux (pas de Head Of Line Blocking)



Format des paquets SCTP

Format d'un paquet SCTP, d'après RFC 2960

Les chunk contenus dans un paquet SCTP peuvent provenir du même flux, ou de flux différents (bundling)



Format de l'en-tête commune

Format de l'entête commune, d'après RFC 2960

Le champ verification Tag sert à contrôler l'appartenance des paquets SCTP reçus à l'association en cours

| | |
|------------------|------------------|
| Port source | Port destination |
| Verification Tag | |
| Checksum | |

Format des chunks

Format d'un chunk, d'après RFC 2960

Il existe plusieurs types de chunks :

- Chunk de données contenant les informations issues des couches supérieures
- Chunk servant à l'établissement/fermeture d'une association
- Chunk servant à tester la disponibilité d'une association ...

Un chunk a une taille multiple de quatre octets (padding si nécessaire)

| Type de chunk | Drapeaux | Longueur |
|------------------|----------|----------|
| Données du chunk | | |

Types de chunks

- 0 DATA
- 1 INIT
- 2 INIT ACK
- 3 SACK
- 4 HEARTBEAT
- 5 HEARTBEAT ACK
- 6 ABORT
- 7 SHUTDOWN
- 8 SHUTDOWN ACK
- 9 ERROR
- 10 COOKIE ECHO
- 11 COOKIE ACK
- ...

Primitives SCTP : ULP vers SCTP

Initialize

Associate

Shutdown

Abort

Send

Receive

Request Heartbeat

Change Heartbeat

Primitives SCTP : SCTP vers ULP

Communication up

Communication lost

Communication error

Shut down complete

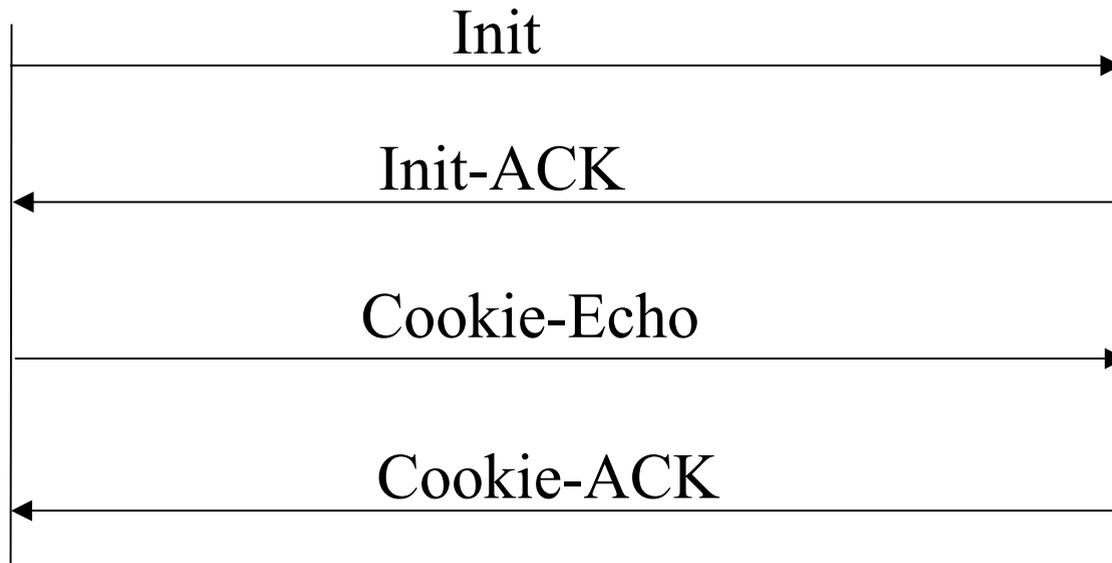
Restart

Data arrive

Send failure

Ouverture d'une association SCTP

Ouverture d'association SCTP en quatre phases



La connexion SCTP est uniquement ouverte à la fin de cette échange (objectif : éviter le SYN flooding de TCP)

INIT chunk

ID value : 1

| | | |
|--|-------|-----------------------------|
| 1 | Flags | Longueur |
| Initiate Tag | | |
| Advertised Receiver Credit Window a_rwnd | | |
| Nber of outbound streams OS | | Nber of inbound streams MIS |
| Initial TSN | | |
| Paramètres | | |

Payload data (DATA) chunk

SCTP peut segmenter un message utilisateur \Rightarrow Flags U,B,E
 B: Beginning, E : End, U: Unordered

| | | |
|-----------------------------|-----|--------------------------|
| 0 | UBE | Longueur |
| TSN | | |
| Stream Identifier S | | Stream Sequence Number n |
| Payload Protocol Identifier | | |
| Données utilisateur | | |

Mécanisme d'ARQ de SCTP

SCTP utilise les mêmes mécanismes d'ARQ que TCP au niveau de l'association

SCTP numérote des « chunks » au niveau association (TSN)

SCTP acquitte systématiquement tous les paquets reçus, même s'il y a des trous dans la fenêtre de réception

Les acquittements peuvent se faire soit par *Piggybacking* soit par envoi de paquets d'acquittements spécifiques (chunk de contrôle).

Les trous existants dans la fenêtre de réception sont indiqués explicitement à l'émetteur (par des chunks SCTP de type SACK)

Mécanisme d'ARQ de SCTP (2)

Les **messages** sont également numérotés au niveau des flux (existence d'un compteur pour la numérotation des messages, indépendant du compteur d'octets au niveau association, SSN)

SCTP retarde systématiquement l'émission d'un acquittement pendant une durée comprise entre 200 et 500 ms pour permettre au terminal récepteur de faire du Piggybacking

A l'expiration de cette durée, SCTP est obligé d'envoyer un acquittement spécifique. Ce mécanisme porte le nom **d'acquittements retardés** (*Delayed Ack*); Cette obligation tient si les paquets acquittés sont reçus en séquence.

SACK chunk

| | | |
|--|-------|-----------------------------|
| 3 | Flags | Longueur |
| Cumulative TSN ACK | | |
| Advertised Receiver Credit Window a_rwnd | | |
| Nber of Gap ack blocks =N | | Nber of duplicates TSNs = X |
| Gap ack block #1 start | | Gap ack block #1 end |
| ... | | |
| Gap ack block #N start | | Gap ack block #N end |
| ... | | |
| Duplicate TSN #1 | | |
| ... | | |
| Duplicate TSN #X | | |

Contrôle de congestion et contrôle de flux

Tout comme en TCP on retrouve les mécanismes de contrôle de congestion :

- Fast retransmit et fast recover
- Mode Slow start et congestion avoidance

Le contrôle de flux est analogue à celui utilisé en TCP

Les mécanismes de contrôle de congestion et de contrôle de flux s 'appliquent uniquement au niveau de l'association

Mécanisme de contrôle de flux

La taille de la fenêtre de réception (*a_rwnd* ou receive window) indique le nombre d'octets que peut (encore) recevoir le récepteur (état du tampon de réception)

a_rwnd est initialisé par le récepteur, à l'établissement de l'association

Le récepteur informe l'émetteur distant de la valeur courante de *rwnd* par le biais de chunks SCTP (en retour) et des acquittements qu'il émet

Si *a_rwnd* atteint la valeur 0, l'émetteur cesse alors d'émettre ; il attend alors une notification du récepteur avant de pouvoir retransmettre à nouveau

Mécanisme de contrôle de flux (2)

Par la suite, SCTP réajuste la taille de la fenêtre de réception (*a_rwnd*) lorsque l'un des événements suivants se produit

un nouveau paquet est reçu (et donc la taille *a_rwnd* est diminuée du nombre d'octets contenus dans ce paquet)

le contenu d'un paquet est transmis à la couche supérieure (et *a_rwnd* est augmentée du nombre d'octets correspondant)

Mécanisme de contrôle de flux (3)

La variable *cwnd* (*congestion window*) indique le nombre d'octets que l'émetteur SCTP peut envoyer sans recevoir d'acquiescement préalables.

Idéalement, *cwnd* doit être égal au produit "délai" x "bande passante" du réseau considéré.

Le contrôle de congestion SCTP s'appuie sur deux modes de fonctionnement

Mécanisme de contrôle Congestion

La variable *cwnd* (*congestion window*) indique le nombre d'octets que l'émetteur SCTP peut envoyer sans recevoir d'acquiescement préalables.

Idéalement, *cwnd* doit être égal au produit "délai" x "bande passante" du réseau considéré.

Le contrôle de congestion SCTP s'appuie sur deux modes de fonctionnement

Le mode de démarrage lent ou « **slow start** »

Le mode d'évitement de congestion ou « **congestion avoidance** »

Slow start

Le mode « slow start » : un émetteur se place dans ce mode s'il vient juste d'initialiser sa connexion, ou s'il a détecté auparavant une situation de congestion (par expiration de temporisation)

Il s'agit d'un régime transitoire dans lequel l'émetteur va tester l'état d'encombrement du réseau, de manière à déterminer la fenêtre de congestion optimale

La taille de la fenêtre de congestion est augmentée d'un MTU à chaque fois qu'un nouvel acquittement est reçu (on a alors approximativement une croissance exponentielle de cette fenêtre de congestion)

Lorsque la variable *cwnd* atteint une valeur seuil, appelée *ssthresh* (*slow start threshold size*), l'émetteur passe en mode *congestion avoidance* (on a alors une croissance linéaire de la fenêtre de congestion)

Congestion avoidance

Il s'agit d'un régime quasi permanent.

Un émetteur reste dans ce mode, tant que la connexion est active et qu'il ne détecte pas de situation de congestion.

Le mode *congestion avoidance* suppose que la fenêtre de congestion a atteint une valeur qui est a priori proche de l'optimum

SCTP permet néanmoins d'augmenter *cwnd* pour tester si le réseau ne peut pas transmettre davantage d'informations (en moyenne on augmente *cwnd* de un MTU par RTT : croissance linéaire)

A chaque instant un émetteur SCTP est autorisé à envoyer $\min(cwnd, a_rwnd)$ octets.

Fonctionnement du contrôle de Congestion

A l'ouverture de la connexion $RTO=3$ secondes

A l'issue de la première mesure de RTT, on a (1) (2) (3)

$$(1) SRTT = RTT$$

$$(2) RTTVAR = RTT/2$$

$$(3) RTO = SRTT + \max(G, K * RTTVAR)$$

où $K=4$ et G correspond à la précision de l'horloge du système considéré

Fonctionnement du contrôle de Congestion

En cours de connexion, a chaque nouvelle mesure de RTT, les paramètres RTTVAR, SRTT et le RTO sont données par les relations (4), (5) et (6)

$$(4) \quad SRTT = (1 - \alpha)SRTT + \alpha * RTT \quad (1)$$

$$(5) \quad RTTVAR = (1 - \beta) RTTVAR + \beta * |RTT - SRTT|$$

$$(6) RTO = SRTT + \max(G, K * RTTVAR), \text{ où } K=4.$$

Les paramètres α et β sont des termes correctifs permettant de jouer sur la sensibilité de SCTP vis à vis des dernières mesures effectuées

Fonctionnement du contrôle de Congestion (2)

En cas de retransmissions, l'usage des RTT n'est pas fiable. L'émetteur n'est plus en mesure d'associer avec certitude les segments et les acquittements correspondants

En cas de déclenchement d'une retransmission, SCTP prévoit de doubler le RTO (utilisé pour la transmission qui vient d'échouer). Si plusieurs tentatives de retransmissions sont nécessaires, le RTO est doublé à chaque nouvelle tentative.

Si une temporisation de retransmission expire, SCTP repasse en mode slow start et les paramètres *cwnd* et *ssthres* sont réinitialisés comme suit :

$cwnd = 1$ (= *LW* ou *LossWindow*)

$ssthres = \max(cwnd12, 2 * SMSS)$

Fast retransmit

Le Fast retransmit permet de corriger une erreur par RTT en évitant de déclencher une retransmission par expiration de temporisation

Le Fast retransmit se déclenche dès que le récepteur détecte l'arrivée d'un paquet hors séquence

Le récepteur envoie immédiatement un acquittement portant le numéro du dernier chunk attendu en séquence

Le même acquittement est envoyé à chaque nouveau chunk reçu.

Fast retransmit (2)

La retransmission du paquet est déclenchée lorsque l'émetteur reçoit quatre acquittements dupliqués.

L'émetteur passe également en mode slow start dès réception de quatre acquittements dupliqués.

L'émetteur recalcule la valeur du seuil ssthresh et cwnd

$ssthresh = \max(cwnd/2, 2 * MTU)$

$cwnd = cwnd/2$

