

# Réseaux de Télécommunications - TD1 :

## Niveau 2-Gestion d'un lien (HDLC)

### Remerciements :

Ce sujet est inspiré des différents sujets proposés par le professeur André-Luc Beylot lors de ces cours de Réseaux de Télécommunications.

### Objectifs :

- Comprendre certains mécanismes permettant de gérer la communication sur un lien
- Illustration avec HDLC

## Partie I : Délimitation d'une trame et détection des erreurs

Un protocole de niveau liaison peut parfois être conçu pour des supports physiques hétérogènes. Dans ce cas, il se peut que le support physique n'offre aucun mécanisme permettant la délimitation des trames.

### 1.1 Solutions envisageables

**Quelles sont les solutions envisageables au niveau 2 pour résoudre ce problème ?**

> Flags, Character-based framing, Length-based framing, ...

**Quelle est la solution proposée par HDLC ?**

> Fanion, flag de début/fin : 01111110

### 1.2 Illustration sur un exemple

**Imaginons une trame constituée de la séquence binaire suivante. Qu'est-ce qui est effectivement transmis sur le support ?**

```
10110110 11111010 10111111 10010111
```

-> 01111110 10110110 11111\_0\_1010 1011111\_0\_1 10010111 01111110

On ajoute un 0 après avoir lu 5 1 d'affilé pour éviter de reproduire le flag de délimitation de trames 01111110. À la réception, après une lecture de 5 1 d'affilé, si le prochain bit est 0 alors on le retire, sinon c'est qu'on est en train de lire le flag de délimitation de trames.

**Que se passe-t-il si le 12ème bit effectivement transmis sur le support est erroné ? Et s'il s'agit du 22ème ? Et s'il s'agit du 48ème ?**

> 12e bit : l'adresse sera erronée

> 22e bit : on détecte le flag de fin au milieu de la trame, qui sera donc perdu. Cependant, on ne perdra que 1 seule trame (c'est nice)

> 48e bit : on ne détecte pas le flag de fin; on perd la trame et si y'en avait une autre juste derrière, on perdrait celle là aussi.

## Partie II : Impact de la nature d'un lien de communication sur la gestion par le niveau 2

Une liaison physique peut-être caractérisée par de nombreux éléments. Ici, nous allons discuter de différentes caractéristiques et de comment les gérer, en axant sur ce que propose HDLC qui est un très bon exemple de gestion flexible.

### 1.1 Qualité d'un lien

Les liens peuvent avoir plusieurs qualités, notamment en terme d'atténuation et donc de taux d'erreur binaire.

**En quoi un taux d'erreur binaire nul a un impact sur le protocole de niveau 2 ? Que doit faire le niveau 2 dans ce cas ?**

> Rien, tout va bien. 👍

**En quoi un taux d'erreur binaire non nul peut avoir un impact sur le niveau 2 ? Que doit faire le niveau 2 ?**

> Tout ne se passe pas comme prévu. 🙅

Il faut mettre en place un mécanisme de contrôle d'erreur global (détection, signalement, retransmission et éventuellement correction)

**Illustrez avec ce que propose HDLC pour gérer cette qualité.**

> POV : on a pas répondu à la question 🤔

### 2.2 Nature du duplex

**Le canal de communication (duplex) peut être de nature full-duplex ou half duplex. Quel est l'impact de la nature du duplex sur la communication ?**

> On est jusqu'à deux fois plus rapide puisqu'on envoie et on reçoit en même temps.

**Dans HDLC il y a plusieurs modes de communication dont le mode normal de réponse (NRM) et le mode asynchrone équilibré (ABM). Peut-on utiliser le mode ABM sur un médium half-duplex et le NRM sur un full-duplex ?**

> NRM sur full-duplex : oui (mais pourquoi faire, car le protocole impose un seul émetteur à la fois ?)

> ABM sur half-duplex : non

### 2.3 Conclusion : trames de supervision

**En quoi les trames de supervision apportent une certaine souplesse à un protocole de liaison comme HDLC comparativement à Ethernet ?**

> Le contrôle de flux n'existe pas sur Ethernet. Au contraire, HDLC propose du contrôle de flux via différents messages (RR, RNR, REJ, SREJ). C'est donc une fonctionnalité supplémentaire apportée par HDLC comparé à Ethernet.

## Partie III : Reprise sur erreur avec HDLC

---

On considère deux stations  $A$  et  $B$  sur un support de communication. Les temps d'émission et les temps de propagation sont données ci-dessous :

- $t_e(I) = 3 \mu s$
- $t_e(S) = 1 \mu s$
- $t_p = 1 \mu s$

Fenêtre d'émission de  $A = 4$ .

Fenêtre d'émission de  $B = 3$ .

$A$  ouvre la connexion et la referme.

### 3.1 Mode NRM avec REJ

A envoie 8 trames à B.

La cinquième trame est perdue.

**Tracer le chronogramme de la communication.**

### 3.2 Mode ABM avec SREJ

A envoie 5 trames à B dès la connexion établie et B envoie 4 trames dès la première trame de A reçue.

La deuxième et la troisième trame de B sont perdues.

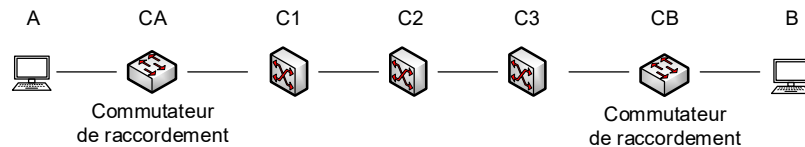
**Tracer le chronogramme de la communication.**

CORRIGE - TD2 : Circuit Virtuel

## Objectifs :

- Mise en place d'un circuit virtuel
- Comparaison de reprise de bout en bout et de proche en proche
- Lien entre le niveau 2 et le niveau 3

Pour tout ce TD on considérera la topologie suivante :



## Hypothèses :

- la distance entre les terminaux et leur commutateur est négligeable,
- la distance entre les commutateurs est de 200km,
- la vitesse du signal est de 200 000km/s
- Débit A-CA = 500bit/s
- Débit B-CB = 100 bit/s
- Débit C-C = 1000bits/s
- Taille paquet de données = 1000bits
- Taille des paquets autres = 100 bits
- Taille des fenêtres = 3 paquets

## Partie I : Etablissement du circuit virtuel

## 1.1 Circuit virtuel

Quel est la différence entre un circuit et un circuit virtuel, notamment en terme de réservation de ressources ?

Un circuit réserve de manière physique et fixe une ressource précise sur un chemin fixe entre les deux terminaux. Cette ressource peut être temporelle (slot temporel périodique) et/ou fréquentielle (bande de fréquence). Dans un circuit virtuel, la réservation de la ressource n'est pas forcément fixe (voire faite), on établit un chemin entre les deux terminaux, mais la réservation est la discrétion de la solution. Cela veut dire que la ressource n'est généralement pas dédiée à une communication pendant toute la communication. Cela permet de pouvoir utiliser les ressources non utilisées à un moment pour d'autres communications.

Dans X25, le circuit virtuel est mis en place entre quels éléments ?

Dans X25-3, le circuit virtuel est établie entre les commutateur de raccordement des terminaux. La ressource n'est pas réservée au sens strict du terme, les commutateurs vérifient qu'ils ont sur le lien sortant la capacité pour accepter une nouvelle communication avec une garde sur la ressource (généralement 70% à 80% de la ressource du lien).

## 1.2 Mise en place du circuit virtuel

Quels sont les messages qui permettent la mise en place du circuit virtuel ?

L'établissement de circuit passe par les messages de signalisation de demande d'appel et de sa confirmation.

Au moment de la réception de ce message, que vérifie le commutateur/routeur ?

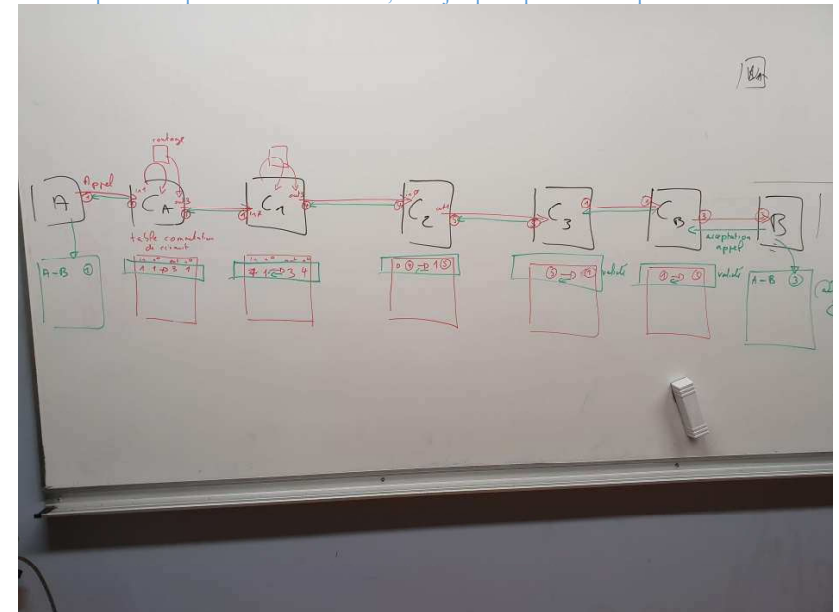
Le commutateur vérifie sa route dans la table de routage pour trouver le prochain commutateur, il vérifie ensuite la capacité du lien de sortie vers ce commutateur et si elle est suffisante, il choisit un numéro de circuit disponible pour la commutation et le note dans sa table.

On part sur les hypothèses suivantes quant à la disponibilité des voies logiques :

- A ne parle pas encore avec son CA ;
- CA et C1 ont de disponibles 1,4 et 7 ;
- C1 et C2 4 ;
- C2 et C3 5 et 8 ;
- C3 et CB 1 et 2 ;
- CB et B de 1 à 5.

Représenter la mise en place du circuit virtuel.

C'est un peu une représentation à l'arrache, mais j'espère que c'est compréhensible...



## 1.3 Indisponibilités des ressources

Dans X25 peut-on prendre toutes les ressources du réseau ? Pourquoi ?

Comme le trafic est sporadique et les ressources non fixées par un circuit, il se peut que la somme des communications puisse à un instant être supérieures à la capacité d'un lien de commutateur. Pour cela X25 se laisse une marge sur les ressources du réseau, ne réservant qu'à hauteur de 70%-80% de la capacité réelle.

Supposons alors que C2 ne dispose pas d'assez de ressources pour l'ouverture du CV. Que se passe t'il et quelle est signalisation mise en œuvre ?

Il ne peut pas continuer la demande d'appel. Dans ce cas il peut utiliser le message de fin d'appel qui consiste à une libération du CV.

**Partie II : Echange de données**

A veut envoyer 5 paquets de données à B et B deux paquets à A. On part du principe que la demande d'appel est déjà établie et que le CV est créé. On ne s'intéresse pas au niveau 2 sous-jacent. On rappelle que les tailles de fenêtre utilisées sont de 3.

$T_{\text{propagation inter-commutateur}} = 1\text{ms}$

Tedata A = 2s | Tesig A = 0,2s

Tedata B = 10s | Tesig B = 1s

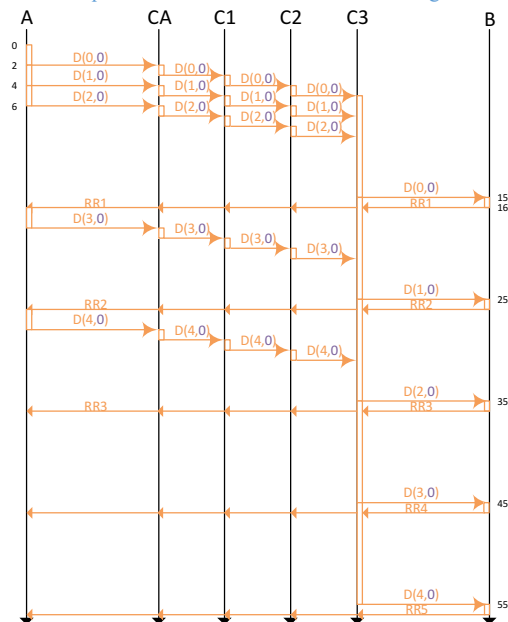
Tedata C-C = 1s

A noter : les temps de propagation sont très faibles par rapport aux temps d'émission, on pourra les négliger. Cependant cela rend le dessin moins lisible.

**1.1 Contrôle de bout en bout**

Réalisez le chronogramme de cette communication avec un mode de reprise d'erreur de bout en bout.

Illustration quand dans le sens A vers B sans message de B :



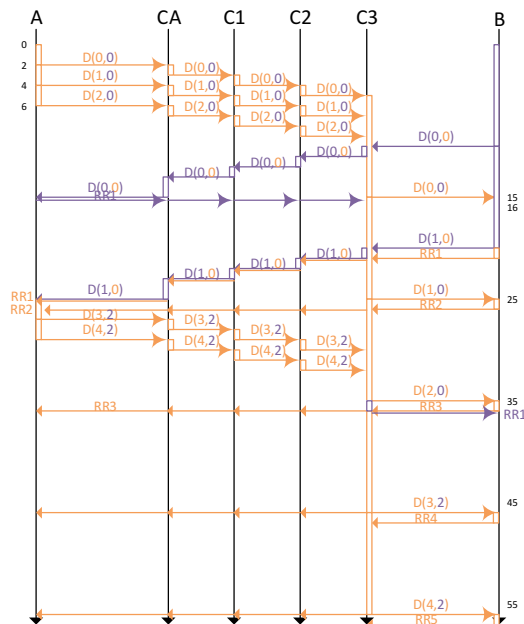
Conclusions :

- engorgement du buffer d'émission de CB vers B ;

- il faut attendre que B acquitte les paquets pour que la fenêtre de A puisse évoluer ;

Ca sera la même chose avec B qui parle aussi mais en plus compliqué et en engendrant un retard sur l'émission de B en cours (cela aura peu d'impact au final => 1s de plus)

**NB :** Vous pourrez trouver le sujet du TD sur Moodle

**1.2 Contrôle de proche en proche**

Réalisez le chronogramme de cette communication avec un mode de reprise d'erreur de proche en proche.

Conclusions :

- A peut émettre plus vite ses paquets et c'est le réseau qui prend en charge la bufferisation, et utilise des RNR pour stocker les messages sur les différents commutateurs sur le chemin sont pleins ;

**Partie III : Niveau 3 et Niveau 2**

On s'intéresse cette fois à un terminal A qui communique à travers X25 (et donc son commutateur de raccordement) avec B et C.

A ouvre la connexion avec B puis avec C et dès que la connexion est ouverte, il envoie deux paquets à chacun puis ferme la connexion.

Au début de la communication, A a déjà établi sa connexion de niveau 2 avec CA en mode ABM, ainsi que B et C.

Représenter les échanges de niveau 2 et 3 entre A, B et C et leur DCE respectif.

On prendra les valeurs suivantes pour les différents temps :

$T_e(\text{Data/Info}) = 3\mu$

$T_e(\text{Signalisation}) = 1\mu$

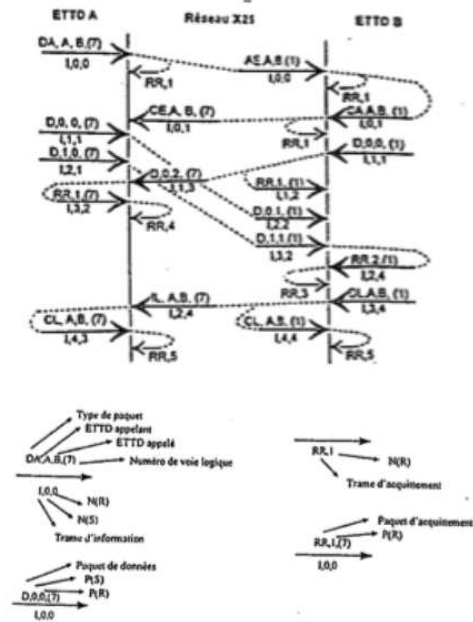
$T_p(\text{A-CA}) = T_p(\text{B-CB}) = T_p(\text{C-CC}) = \text{négligeable}$

$T_p(\text{CA-CB}) = 5\mu$

$T_p(\text{CA-CC}) = 3\mu$

**NB :** Vous pourrez trouver le sujet du TD sur Moodle

Même type de travail que dans le TD d'André-Luc cf sa correction.



# Réseaux de télécommunications - TD 3

## Questions :

**1. Justifier le fonctionnement en mode connecté et la technique de communication de circuits utilisée pour l'acheminement de la parole téléphonique dans le réseau téléphonique commuté.**

- > Mode circuit pour maintenir un temps de traverse du réseau constant -> gigue quasi nulle.
- > Mode connecté pour créer (puis détruire) le circuit (+ réservation de ressource)

**2. En quoi l'adressage du réseau téléphonique facilite t'il le routage/acheminement des appels ?**

- > L'adressage est hiérarchique et géographique : il contient des informations sur la localisation et le commutateur de rattachement.

**3. Que se passe-t-il dans un contexte d'utilisateur mobile ? Proposer une solution pour régler ce problème.**

- > Il faut mettre en place une (des) base de donnée qui indique vers où diriger la communication (ce sont les Service Control Point). La communication est dirigée vers un commutateur qui va faire la jonction avec le réseau mobile (et après lui il se démerde, on s'en préoccupe pas ici)

**4. Justifiez le fonctionnement en mode paquet implanté dans le réseau sémaphore pour la signalisation téléphonique.**

- > On a pas de grande contrainte sur le délais, mais on cherche la fiabilité.

**5. La technique retenue est celle de la communication de message. Commentez ce choix.**

- > Oui, car ils sont petits.

**6. Pourquoi a-t-on retenu un fonctionnement sans connexion pour l'acheminement des messages de signalisation relatifs à la mise en place d'une communication téléphonique ?**

On n'a pas les contraintes de la voie sur la signalisation relative à la mise en place d'un appel, donc c'est inutilement coûteux. Il faudrait au moins doubler la quantité de messages échangés.

**7. Comment en utilisant le mode datagramme, MTP-3 fait-il pour assumer le séquençement des messages ?**

Le séquençement des messages est assuré par le routage, qui nécessite que les messages suivent *tous* le même chemin (et le routage doit se faire en coséquence).

Pour différencier les messages de différentes connexions, un identifiant (le code circuit (CIC)) est inclus dans les messages.

**8. Rappeler les limites du routage MTP-3.**

Maximum 2 sauts : PS -> PTS -> PS.

Plus, il faut un code circuit.

Adressage limité (que 14 bit, ne marche pas pour de l'international)

**9. En déduire les intérêts du routage par SCCP.**

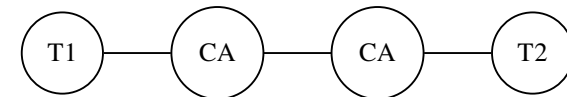
Palier les défauts de MTP-3.

**10. Quelles différences observera-t-on en termes de signalisation téléphonique quand le chemin entre la source et la destination utilise un lien direct entre commutateurs d'abonnés et dans le cas où l'on est obligé d'utiliser deux liens en passant par un commutateur de transit secondaire ?**

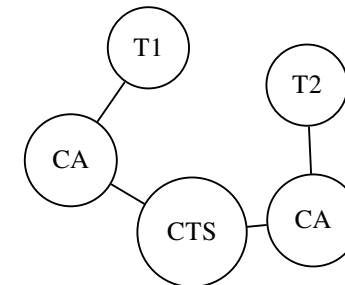
La signalisation va passer par autre PS que celles des commutateur d'abonnés. Comme le signal de la voie, la signalisation va aussi passer par un autre relais.



- Cas 1 :



- Cas 2 :



## Exercice 1 : Routage Téléphonique et SS7

On considère le réseau de la figure 1.

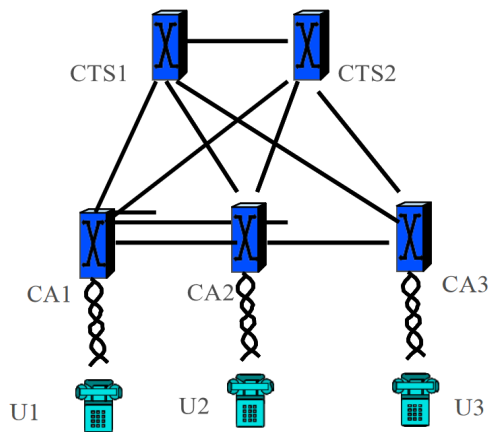


Figure 1. Réseau Téléphonique

### 1. Décrire le fonctionnement du routage hiérarchique pour un appel entre U1 et U3.

Routage hiérarchique = AUCUN LIEN DIRECT ENTRE COMMUTATEUR D'ABONNÉS !!!

> Comme U3 n'est pas rattaché à CA1, CA1 ne réfléchit pas et envoie l'appel vers CTS1. CTS1, lui, connaît CA3 donc il redirige l'appel. Si un des liens est saturé, l'appel est rejeté

**2. Supposons que l'on veuille mettre en place un algorithme de routage des appels téléphoniques à partage de charge. De quelles informations doit-on disposer pour cela ? En décrire une implantation sur les nœuds CA1 et CTS1 en ne considérant à chaque fois que les appels entre un utilisateur rattaché à CA1 et un utilisateur rattaché à CA3. D'une manière générale, quels sont les risques ?**

On a rajouté les liens entre CA1 et CA2 et entre CA2 et CA3 mais aussi entre CTS1 et CTS2

> La répartition est proportionnelle à la capacité des liens, et ordonné selon la longueur des chemins (qui sont connues à l'avance car les routes sont très statiques)  
> Redondance et tolérance aux pannes mais saturation possible si mauvais équilibrage.

### 3. Reprendre cette dernière question pour le cas d'un algorithme de routage adaptatif.

> On doit connaître la capacité résiduelle (disponibles dans les canaux, donc le taux d'utilisation). La répartition est juste proportionnelle selon le nombre de canaux libre.  
> Nécessité d'un trafic de signalisation pour surveiller l'état des liens.

## Exercice 2 : Numéro 800, une version simplifiée

On se propose dans cet exercice d'illustrer de façon très simplifiée le fonctionnement d'un service de type numéro 800 (que l'on supposera gratuit pour l'appelant et l'on ne détaillera pas la

facturation qui est laissée à la charge de l'appelé).

Soit un utilisateur U1 voulant effectuer une réservation d'hôtel. Il compose alors sur son téléphone un numéro vert "0800XXXYYY". La topologie du réseau téléphonique est représentée sur la figure ci-après.

### 1. Déterminer la topologie du réseau sémaphore correspondant à cette figure.

- Il y a un point sémaphore pour chaque commutateur + 1 PCS (Point de contrôle sémaphore) pour la base de donnée (SCP)
- Ici, les points de transfert sémaphore sont uniquement sur les CTS car les CA ne sont que des puits du graphe.

### 2. Déterminer le chemin pour aller interroger la base de donnée. Décrire l'architecture protocolaire permettant de mettre en oeuvre l'interrogation à la base de données (SCP).

- PS1 -> (PTS1 -> PS4) -> PTS2 -> PS5 -> PTS3 -> PCS
- MTP3 ne suffit pas pour le routage, donc on utilise par dessus SCCP
- Par dessus, les protocoles applicatifs INAP et TCAP. ça donne INAP > TCAP > SCCP > MTP3 > MTP2 > MTP1
- NOTE : le routage dans le réseau sémaphore se fait quand même en passant uniquement par des commutateurs ayant des liens directs entre eux.
- NOTE 2 : idéalement, pour les protocoles, il faut faire un schéma

### 3. Décrire (en faisant des choix) les chemins empruntés par la signalisation et par l'appel téléphonique. Décrire la pile de protocoles associée.

- Si hiérarchique : CA1 -> CTS2 -> CA2
- Si partage de charge, même chose mais peut passer par CTS1 puis CTS2
- Routage adaptatif : même chose, en fonction de l'état du réseau

### 4. Décrire les échanges de messages applicatifs de signalisation entre les différentes entités du réseau sémaphore.

- ISUP : protocol d'établissement d'appel (par dessus ISUP)

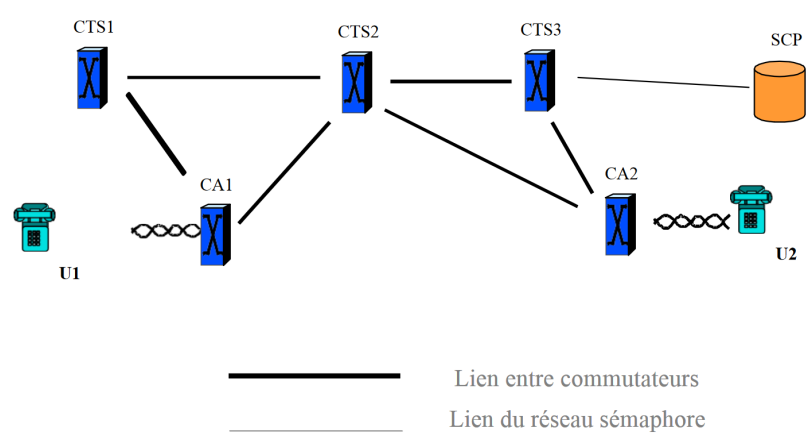


Figure 2. Réseau téléphonique