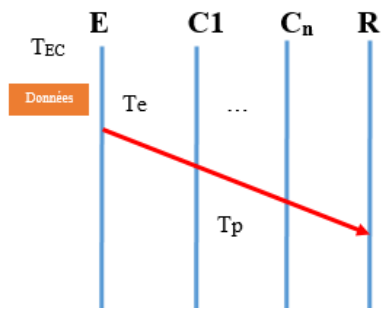
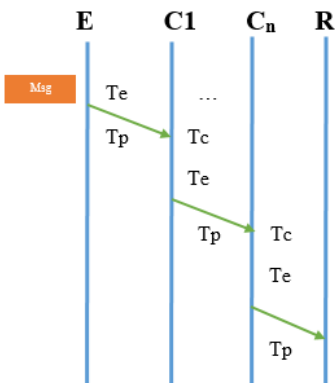
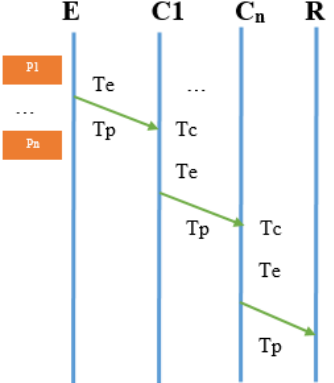


**Rappel Cours :**

- **$T_e$**  : temps d'émission (temps nécessaire pour mettre les données sur une liaison par l'émetteur) ;  **$T_e = \text{Taille de données (utile et contrôle)} / \text{Débit}$**
- **$T_p$**  : temps de propagation (temps nécessaire à un signal pour parcourir un support d'un nœud à un autre)  **$T_p = \text{Distance entre les deux points} / \text{Vitesse de propagation}$**
- **$T_{EC}$**  : temps d'établissement de circuit (temps nécessaire pour réserver un circuit de bout en bout)
- **$T_c$**  : temps de commutation (temps nécessaire à un commutateur pour analyser les données avant de les retransmettre au nœud suivant)
- **$T$**  : temps d'acheminement ou de transfert (temps total d'acheminement des données de l'émetteur vers le récepteur)

Pour transmettre des informations au-delà d'un réseau local, dans un WAN, il n'est pas possible de partager le même support de transmission (réseau de diffusion), ni de raccorder directement deux communicants donc il est nécessaire d'utiliser un réseau commuté.

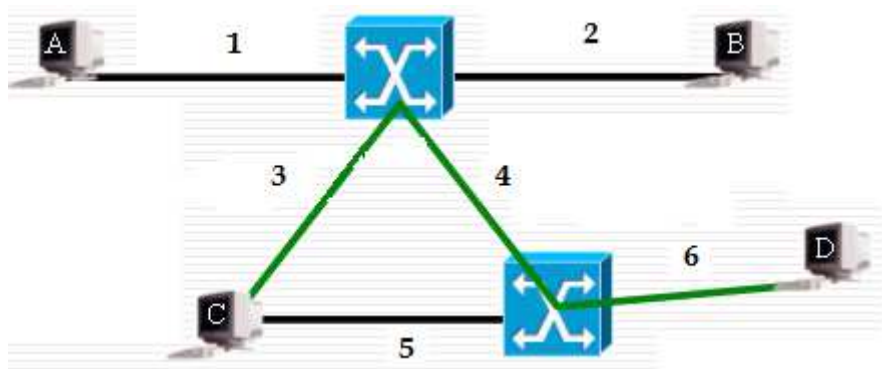
Un commutateur, qui a pour fonction de concentrer, éclater ou rediriger les informations, relie les équipements terminaux par des liaisons **point à point**.

| Commutation de circuits  | Commutation de messages   | Commutation de paquets  |
|--|---|---|
|    |   |    |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Mode connecté</b><br/>Etablir un circuit<br/>Transmettre les données<br/>Libérer le circuit</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Mode non connecté</b><br/>(le msg n'est réémis par un nœud sur la liaison que s'il est reçu en entier)</li> </ul>         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Mode connecté (mode circuit virtuel)</b> : les paquets suivent le même circuit dit virtuel déjà réservé</li> <li>• <b>Mode non connecté (mode datagramme)</b> : les paquets dits datagrammes peuvent emprunter différents chemins et peuvent arriver au destinataire non ordonnés donc on a besoin d'un mécanisme d'ordonnancement</li> </ul> |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>pas d'entête du message</b></li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>pas du <math>T_{EC}</math></b></li> <li>• <b>Taille du msg = Taille de données + taille de l'entête du msg</b></li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Mode connecté</b><br/>On peut avoir un <math>T_{EC} \neq 0</math></li> <li>• <b>Mode non connecté</b><br/>pas du <math>T_{EC}</math></li> <li>• <b>Taille d'un paquet = Taille de données + Taille de l'entête du paquet</b></li> </ul>   |

|   |  |  |
|---|--|--|
| $T = T_{EC} + T_e \text{ (des données par E)} + T_p (E \rightarrow C1) + T_p (C1 \rightarrow C2) + \dots + T_p (C_n \rightarrow R)$ | $T = [T_e (E) + T_p (E \rightarrow C1)] + [T_c (C1) + T_e (C1) + T_p (C1 \rightarrow C2)] + \dots + [T_c (C_n) + T_e (C_n) + T_p (C_n \rightarrow R)]$ | <p><b>Formules Mode connecté</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Si toutes les liaisons ont le même débit ou des débits croissants</li> </ul> $T = [T_e (E \text{ de tous les paquets}) + T_p (E \rightarrow C1)] + [T_c (C1) + T_e (C1 \text{ du dernier paquet}) + T_p (C1 \rightarrow C2)] + \dots + [T_c (C_n) + T_e (C_n \text{ du dernier paquet}) + T_p (C_n \rightarrow R)]$ <ul style="list-style-type: none"> <li>Si toutes les liaisons ont des débits décroissants</li> </ul> $T = [T_e (E \text{ du 1}^{\text{er}} \text{ paquet}) + T_p (E \rightarrow C1)] + [T_c (C1) + T_e (C1 \text{ du 1}^{\text{er}} \text{ paquet}) + T_p (C1 \rightarrow C2)] + \dots + [T_c (C_n) + T_e (C_n \text{ de tous les paquets}) + T_p (C_n \rightarrow R)]$ <p><i>Mode non connecté</i><br/>Selon l'énoncé de l'exercice</p> |
|---|--|--|

### Exercice 01

Soient 4 terminaux reliés dans un réseau à commutation de circuits comme le montre la figure ci-dessous.



Les liaisons (3, 4, 6) sont réservées pour la communication des machines C et D.

- Si A et B veulent communiquer, quels circuits peuvent utiliser ? justifier votre réponse  
Le circuit (3, 4, 6) est un circuit **fermé** donc la seule possibilité est le circuit (1, 2)
- Quelles machines peuvent communiquer pour l'instant ?  
Seulement A et B
- Quand le circuit sera libéré ?

Lors d'une communication, le circuit restera fermé jusqu'à ce que l'une des entités communicantes interrompe la communication. Une fois la communication coupée, les différents éléments reliant les circuits élémentaires sont libérés. Cela signifie que même si aucune information n'est transmise entre les entités pendant qu'elles sont en communication, le circuit est bloqué aux autres entités.

4. Quel est le mode de fonctionnement adopté dans ce type de commutation ?

**Mode avec connexion**

5. Calculez le temps nécessaire à la transmission d'un fichier de 640 Kbits de A vers B.

Toutes les liaisons de ce réseau ayant un débit de 2 Mbits/s. De plus le temps d'établissement du circuit de bout en bout nécessite 500 ms avant toute transmission.

Le temps de propagation sur une liaison est de 1 ms.

$$T = T_{EC} + T_e \text{ fichier (A)} + T_p (A \rightarrow C1) + T_p (C1 \rightarrow B) = 0.5 + (640 \cdot 10^3 / 2 \cdot 10^6) + 0.001 + 0.001 \cong 0.8 \text{ s}$$

6. Citez un avantage et un inconvénient pour ce type de commutation.

+ : transmission rapide vu la stabilité des débits et l'absence des retards imprévisibles  
- : monopolisation des ressources même pendant les périodes de silence

### Exercice 02

Soit un réseau commuté au sein duquel deux hôtes E et R communiquent entre eux. E doit envoyer un fichier de taille 64 KO à R. Le fichier est transmis dans un seul message, auquel on ajoute un entête de 9 O. On traverse 3 commutateurs jusqu'au destinataire tel que toutes les liaisons de données utilisées ont un débit de 64 Kbits/s, et qu'on néglige les temps de propagation et les temps de traitement dans les commutateurs du réseau.

- 1) Quel est le type de cette commutation

**Commutation de message**

- 2) Quel est le mode de fonctionnement adopté par ce type

**Non connecté**

- 3) Calculez le temps de transmission de ce fichier

**Le message n'est transmis que s'il est reçu intégralement**

$$\text{Taille msg} = \text{données} + \text{entête} = (64 \cdot 10^3 \cdot 8) + (9 \cdot 8) = 512\,072 \text{ bits}$$

$$T_e \text{ msg} = \text{taille msg} / \text{débit} = 512\,072 / 64 \cdot 10^3 = 8 \text{ s}$$

$$T = T_e (E) + T_p (E \rightarrow C1) + [T_c (C1) + T_e (C1) + T_p (C1 \rightarrow C2)] + [T_c (C2) + T_e (C2) + T_p (C2 \rightarrow C3)] + [T_c (C3) + T_e (C3) + T_p (C3 \rightarrow R)]$$

$$= 8+0+[0+8+0]+ [0+8+0]+ [0+8+0] = 8 \cdot 4 = 32 \text{ s}$$

- 4) Citez un avantage et un inconvénient pour ce type de commutation.

+ : Pas de monopolisation

- : exigence de mémoire tampon pour stocker les messages au niveau des commutateurs.

**Exercice 03**

Une machine A souhaite envoyer à une machine B un fichier de 1 MO. Trois liaisons (et deux commutateurs) relient A et B.

On suppose que les liaisons ne sont utilisées que pour ce transfert et on néglige les temps de propagation ainsi que les temps de traitement dans les nœuds.

A découpe le fichier en segment de 1 Kbits et ajoute à chacun 40 bits d'entête, formant ainsi des paquets. Chaque liaison se caractérise par un débit de 9200 bit/s.

1- Calculez le délai de transfert du fichier de A vers B

Nombre de paquets =  $8.10^6 / 10^3 = 8.10^3$  paquets

Taille de chaque paquet = 1000 (données) + 40 (entête) = 1040 bits

Te d'un paquet =  $1040 / 9200 = 0.11$  s

$T = [Te(A \text{ de tous les paquets}) + Tp(A \rightarrow C1)] +$   
 $[Tc(C1) + Te(C1 \text{ du dernier paquet}) + Tp(C1 \rightarrow C2)] +$   
 $[Tc(C2) + Te(C2 \text{ du dernier paquet}) + Tp(C2 \rightarrow B)]$

$= [(8000 * 0.11) + 0] +$   
 $[0 + 0.11 + 0] +$   
 $[0 + 0.11 + 0]$

$= 880,22$  s

2- Citez un avantage et un inconvénient pour ce type de commutation.

+ : acheminement plus rapide et bonne exploitation des ressources

- : nécessite une gestion des mémoires tampons pour éviter la saturation,  
ordonnancement des paquets (mode datagramme)

3- Quelle est la différence entre la commutation de paquets en mode connecté et en mode non connecté

**Mode connecté** : un circuit virtuel est établie au début de la communication, les paquets suivent la même route et arrivent dans l'ordre. L'émetteur n'a pas besoin de préciser le destinataire dans chaque paquet car l'adresse communication est limitée à un seul récepteur qui est indiqué au début de la communication.

**Mode non connecté** : chaque paquet est traité indépendamment des autres paquets qui peuvent avoir des routes différentes. De ce fait, chaque paquet doit inclure l'@ E/R. les paquets n'arrivent pas ordonnés donc on doit les réassembler.

**Exercice 02**

Supposons que deux hôtes A et B soient placés en réseau et sont séparés par 3 lignes de transmission et 2 commutateurs C1 et C2 ainsi que le montre le schéma ci-dessous :



1. En supposant que les 3 lignes de transmission proposent un débit de 10 Kbit/s chacune, et que le temps de commutation (temps passé par un message ou un paquet sur un commutateur avant retransmission) est de 100 ms sur chaque commutateur, calculer le temps total d'envoi d'un message de 20 Kbits de A à B, dans le cas de la commutation par message et dans le cas de la commutation par paquets de 1 Kbits. On néglige le temps de propagation du signal : un bit émis est supposé immédiatement reçu.
2. Même question mais en supposant que :
  - La liaison A ↔ C1 a un débit de 5 Kbit/s ;
  - Celle C1 ↔ C2 a un débit de 10 Kbit/s ;
  - Celle C2 ↔ B a un débit de 20 Kbit/s
3. Même question mais en supposant que :
  - La liaison A ↔ C1 a un débit de 20 Kbit/s ;
  - Celle C1 ↔ C2 a un débit de 15 Kbit/s ;
  - Celle C2 ↔ B a un débit de 10 Kbit/s.

1)- -----

|  |   |
|--|---|
| <p><b>I. Commutation par message :</b></p> $T = [T_e(A) + T_p(A \rightarrow C1)] + [T_c(C1) + T_e(C1) + T_p(C1 \rightarrow C2)] + [T_c(C2) + T_e(C2) + T_p(C2 \rightarrow B)]$ $= [(20\,000 / 10\,000) + 0] + [0.1 + (20\,000 / 10\,000) + 0] + [0.1 + (20\,000 / 10\,000) + 0]$ $= 6.2 \text{ s}$ | <p><b>II. Commutation par paquet</b></p> <p>Nombre de paquets = <math>20\,000 / 1\,000 = 20</math> paquets</p> <p>Te d'un paquet = <math>1\,000 / 10\,000 = 0.1 \text{ s}</math></p> $T = [T_e(A \text{ de tous les paquets}) + T_p(A \rightarrow C1)] + [T_c(C1) + T_e(C1 \text{ du dernier paquet}) + T_p(C1 \rightarrow C2)] + [T_c(C2) + T_e(C2 \text{ du dernier paquet}) + T_p(C2 \rightarrow B)]$ $= [(20 * 0.1) + 0] + [0.1 + 0.1 + 0] + [0.1 + 0.1 + 0]$ $= 2.4 \text{ s}$ |
|--|---|

2) -----

|  |  |
|--|--|
| <p><b>I. Commutation par message :</b></p> $  \begin{aligned}  T &= [T_e(A) + T_p(A \rightarrow C_1)] + \\  &\quad [T_c(C_1) + T_e(C_1) + T_p(C_1 \rightarrow C_2)] + \\  &\quad [T_c(C_2) + T_e(C_2) + T_p(C_2 \rightarrow B)] \\  &= [(20\,000 / 5\,000) + 0] + \\  &\quad [0.1 + (20\,000 / 10\,000) + 0] + \\  &\quad [0.1 + (20\,000 / 20\,000) + 0] \\  &= 7.2 \text{ s}  \end{aligned}  $ | <p><b>II. Commutation par paquet</b></p> $  \begin{aligned}  T &= [T_e(A \text{ de tous les paquets}) + T_p(A \rightarrow C_1)] \\  &\quad + \\  &\quad [T_c(C_1) + T_e(C_1 \text{ du dernier paquet}) + T_p(C_1 \rightarrow C_2)] + \\  &\quad [T_c(C_2) + T_e(C_2 \text{ du dernier paquet}) + T_p(C_2 \rightarrow B)] \\  &= [(20 * 1\,000 / 5\,000) + 0] + \\  &\quad [0.1 + (1\,000 / 10\,000) + 0] + \\  &\quad [0.1 + (1\,000 / 20\,000) + 0] \\  &= 4.35 \text{ s}  \end{aligned}  $ |
|--|--|

3) -----

|  |  |
|--|--|
| <p><b>I. Commutation par message :</b></p> $  \begin{aligned}  T &= [T_e(A) + T_p(A \rightarrow C_1)] + \\  &\quad [T_c(C_1) + T_e(C_1) + T_p(C_1 \rightarrow C_2)] + \\  &\quad [T_c(C_2) + T_e(C_2) + T_p(C_2 \rightarrow B)] \\  &= [(20\,000 / 20\,000) + 0] + \\  &\quad [0.1 + (20\,000 / 15\,000) + 0] + \\  &\quad [0.1 + (20\,000 / 10\,000) + 0] \\  &= 4.53 \text{ s}  \end{aligned}  $ | <p><b>II. Commutation par paquet</b></p> $  \begin{aligned}  T &= [T_e(A \text{ du 1}^{\text{er}} \text{ paquet}) + T_p(A \rightarrow C_1)] + \\  &\quad [T_c(C_1) + T_e(C_1 \text{ du 1}^{\text{er}} \text{ paquet}) + T_p(C_1 \rightarrow C_2)] + \\  &\quad [T_c(C_2) + T_e(C_2 \text{ de tous les paquets}) + T_p(C_2 \rightarrow B)] \\  &= [(1\,000 / 20\,000) + 0] + \\  &\quad [0.1 + (1\,000 / 15\,000) + 0] + \\  &\quad [0.1 + (20 * 1\,000 / 10\,000) + 0] \\  &= 2.32 \text{ s}  \end{aligned}  $ |
|--|--|