

Génie des Systèmes de Télécommunications et Réseaux GSTR

Transport des données

PDH-SDH

Pr. Mounir Arioua
m.arioua@uae.ac.ma

Transport des données PDH-SDH

1- PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy)

2- SDH (Synchronous Digital Hierarchy)

Transport des données PDH-SDH

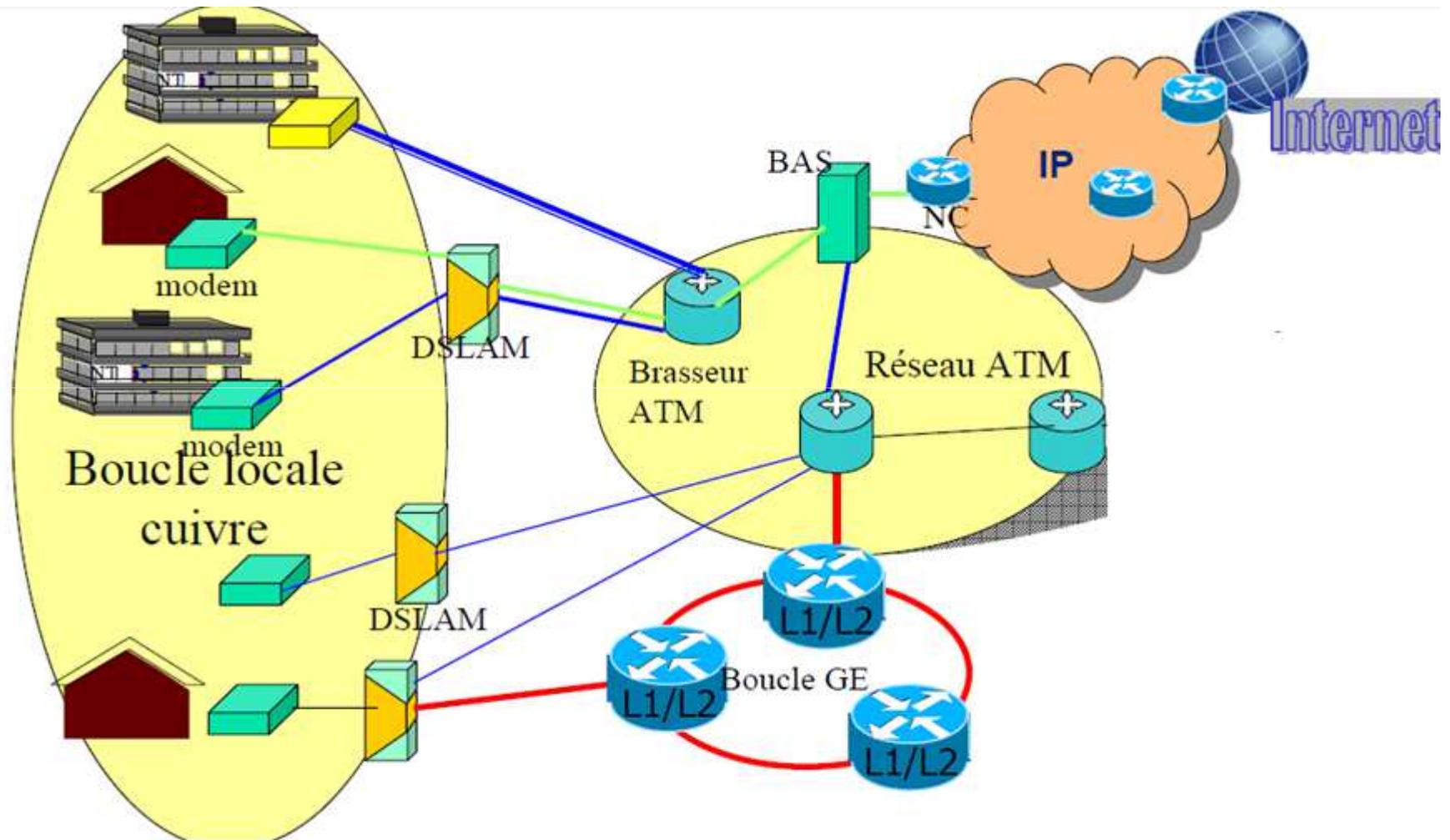


Fig.1 : Service en croissance sur ADSL/ATM/IP

Transport des données PDH/SDH

Multiplexage de transport PDH/SDH

- Pour économiser le coût du réseau de transmission, plusieurs communications se partagent le même support physique → Multiplexage de transport (PDH/SDH).
- L'arrivée de la fibre optique a permis d'atteindre de bonnes performances (jusqu'à des dizaines de Gbits/s) par un multiplexage en longueur d'onde (WDM : Wavelength Division Multiplexing)
- Le PDH a constitué la base de tous les réseaux de transport jusqu'aux années 90.
- Le PDH a été mis en place en parallèle à la numérisation du réseau RTC (POTS) pour répondre principalement à la demande de la téléphonie.
- L'évolution du réseau de transport haut débit est marquée par l'introduction des techniques synchrones (SDH).

Transport des données PDH/SDH

Principe de multiplexage synchrone

- Les données à multiplexer sont réparties dans le temps de manière synchrone (synchrone : les informations d'une même communication se retrouvent dans le temps de façon périodique).
- Deux familles de multiplexage synchrone:
 - PDH (Plesiochrone : presque synchrone)
 - SDH
- PDH (transmission point à point) → on se retrouve avec presque autant d'horloges différentes qu'il y a de machines différentes dans le réseau. → Solution : SDH
- SDH (distribution de l'horloge)
- SDH (En Europe) /SONET (Amérique)

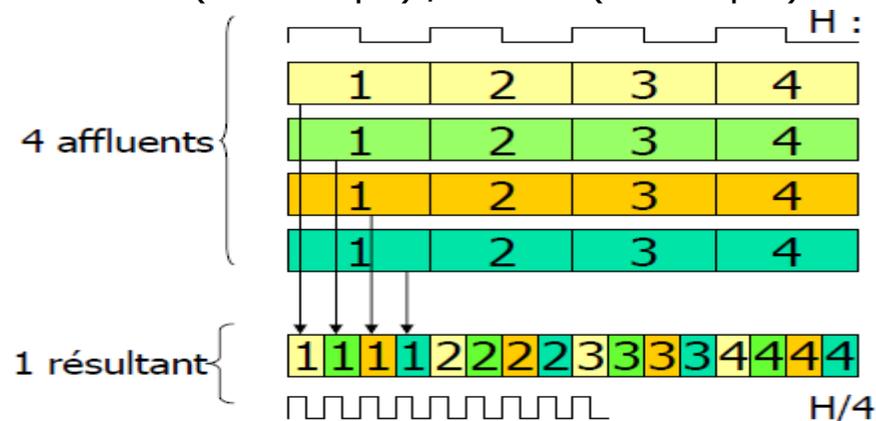


Fig.2: Principe de multiplexage synchrone

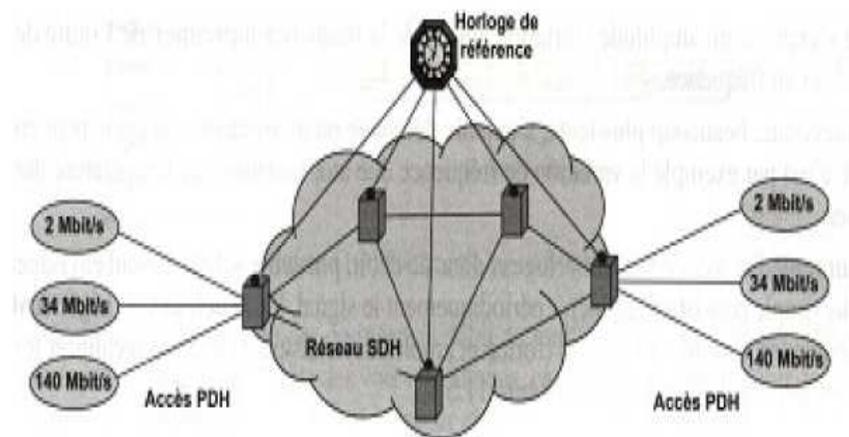


Fig.3 :Cohabitation des techniques PDH/SDH

Transport des données PDH

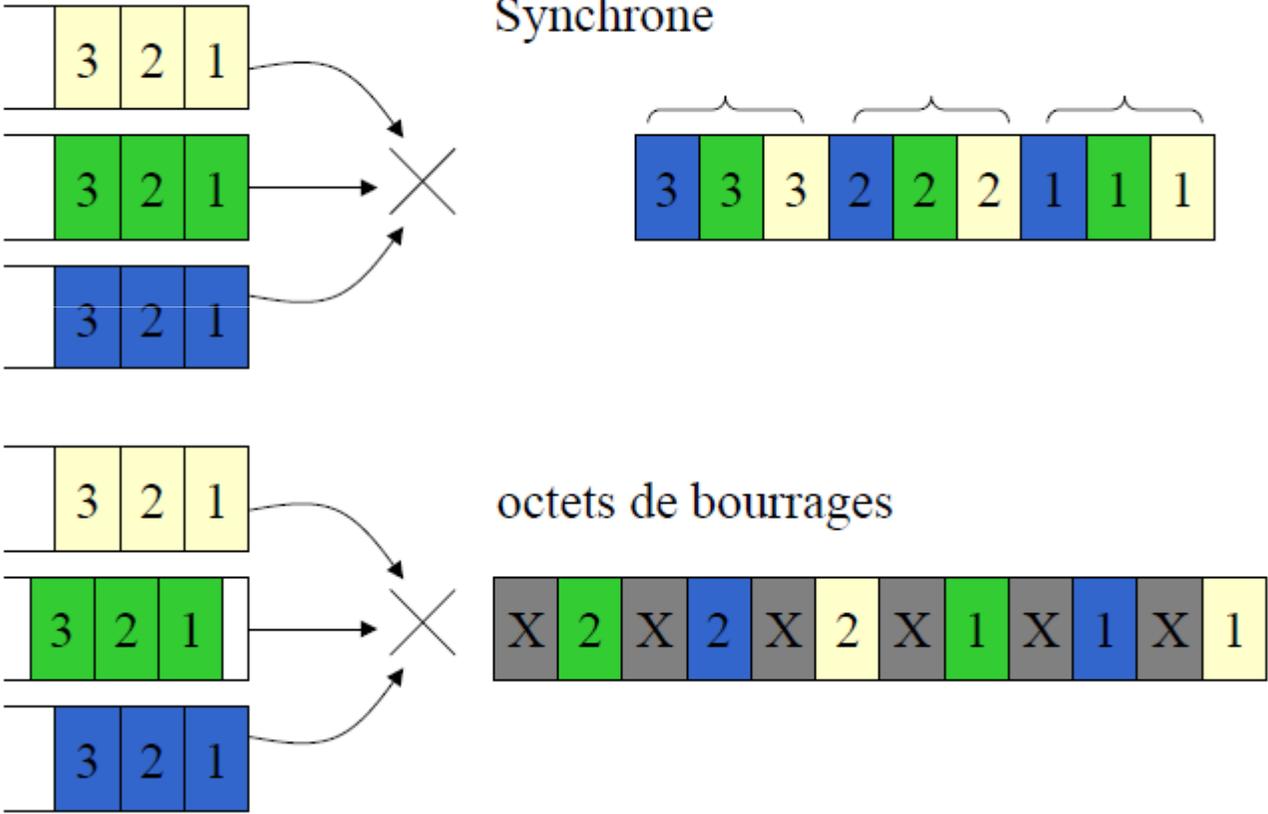


Fig.4 : Manque de synchronisme dans PDH

Protocole PDH

PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy)

- PDH: Technique de Multiplexage plesiochrone
- Le But est de construire des débits supérieures directement à partir du débit inférieur.
- Niveau de multiplexage E1 : 64 kbits/s → 2048 kbits/s.
- Niveaux de multiplexage E1 à E4 en Europe (DS1 à DS3 en Amérique)
- Défaut principale: Méthode d'accès aux informations associées à un canal →
démultiplexage de la totalité des canaux.

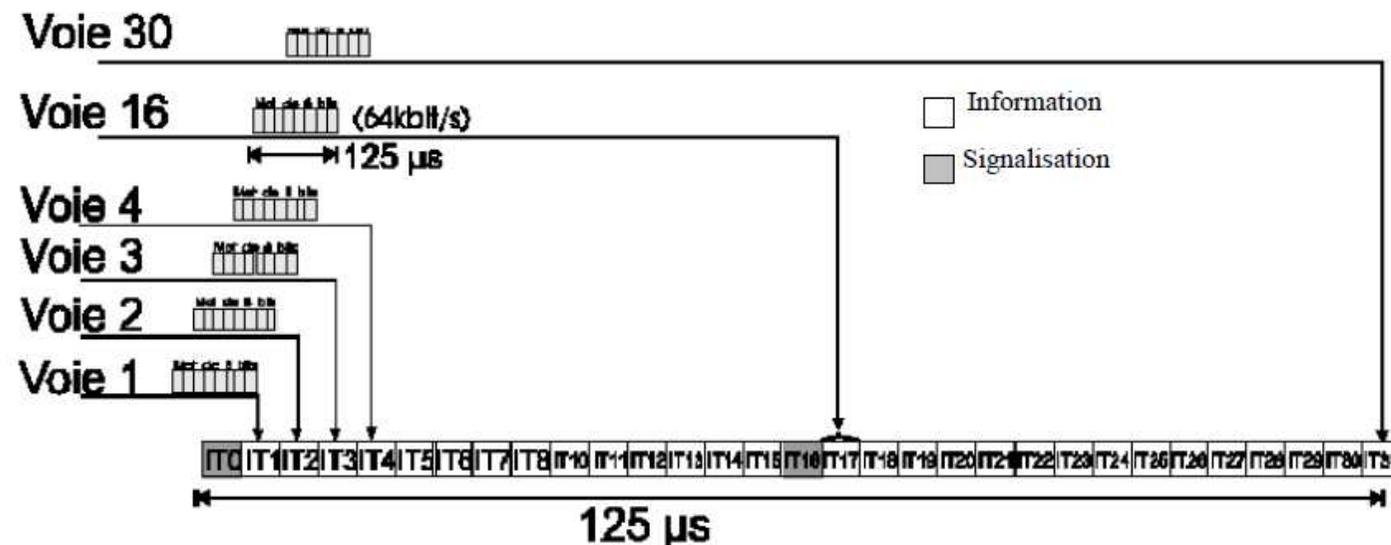


Fig.5 : Structure de la trame E1-MIC

PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy)

E1	2 Mbit/s	Niveau 1	En fait 2 048 kbit/s
E2	8 Mbit/s	Niveau 2	En fait 8 448 kbit/s
E3	34 Mbit/s	Niveau 3	En fait 34 368 kbit/s
E4	140 Mbit/s	Niveau 4	En fait 139 264 kbit/s

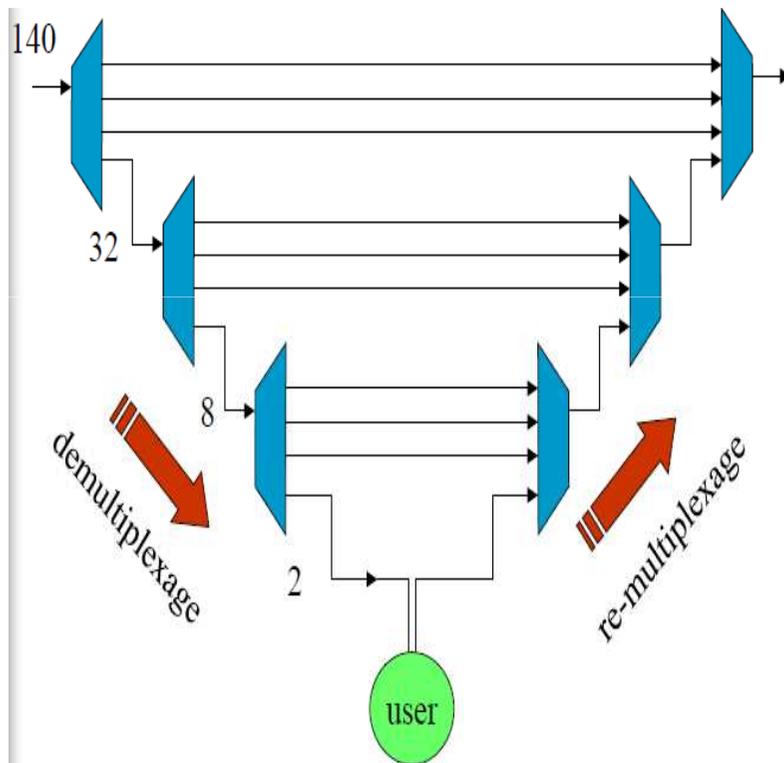


Fig .6: ADM (Add Drop Multiplexer)

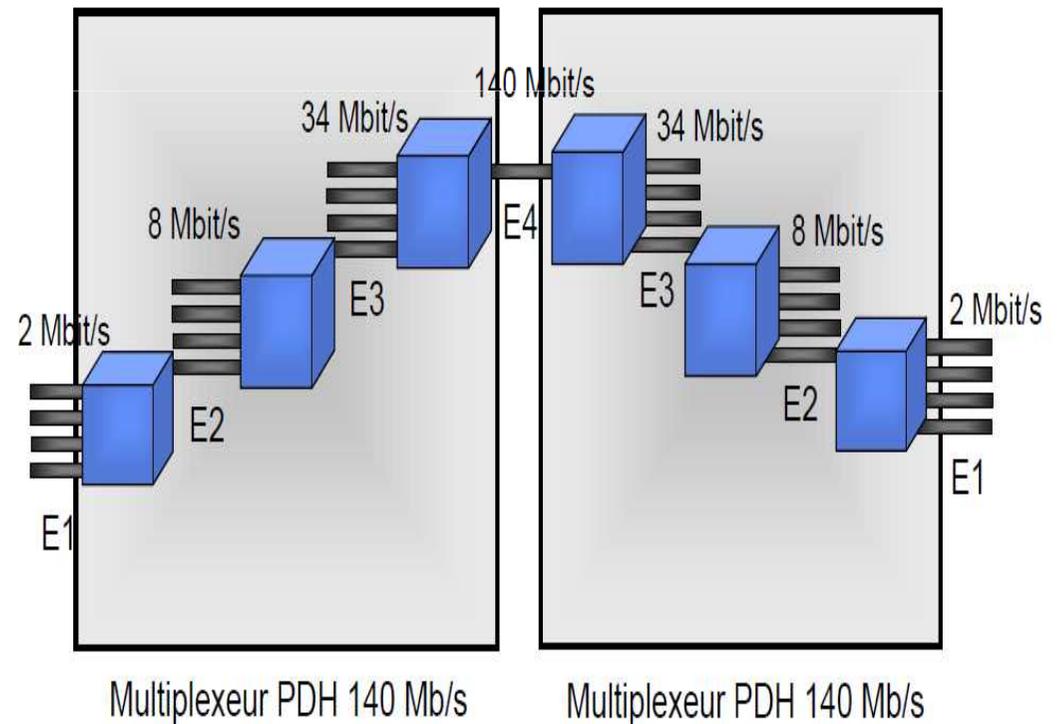


Fig .7 : Multiplexage PDH

PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy)

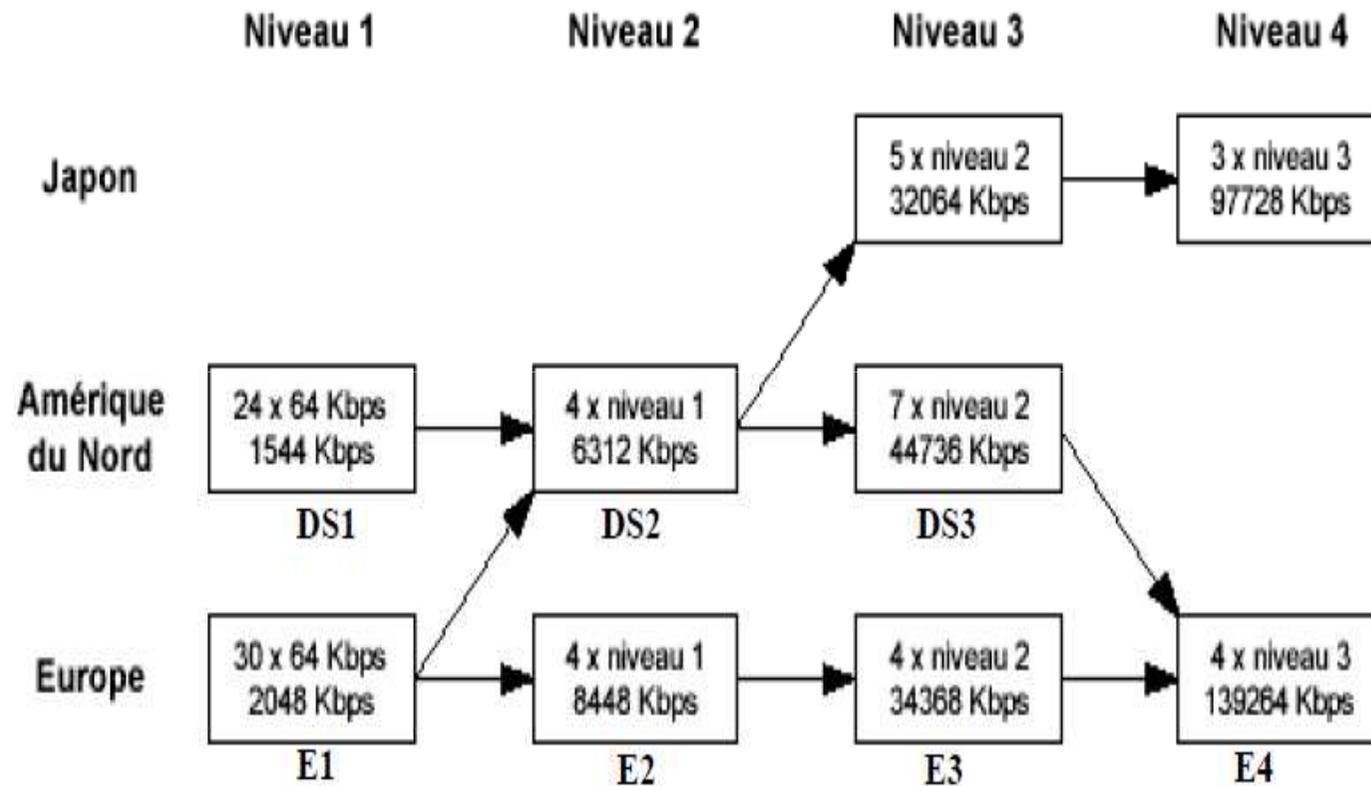


Fig.8: Hiérarchisation plésiochrone PDH

PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy)

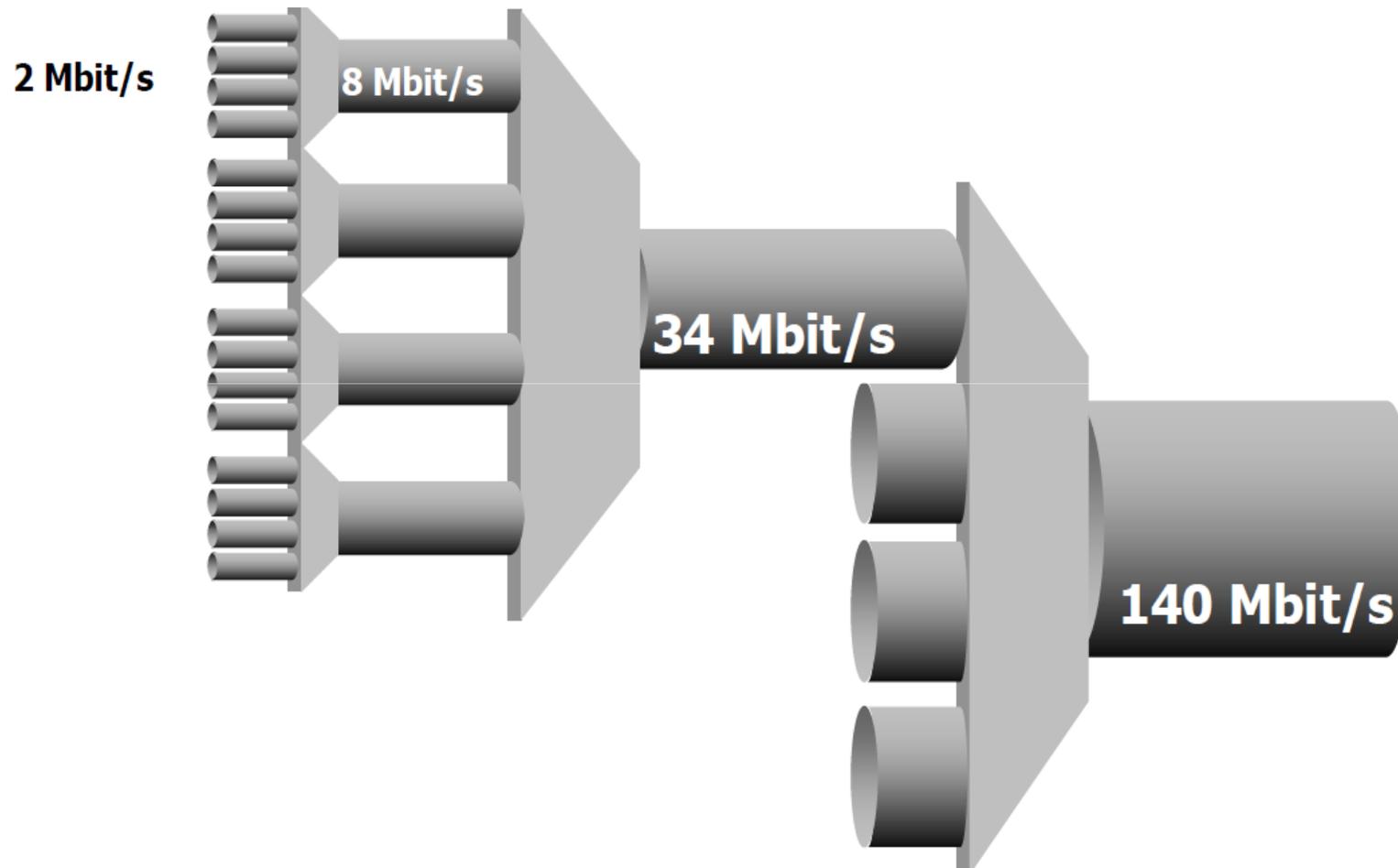


Fig.9: Hiérarchisation plésiochrone PDH

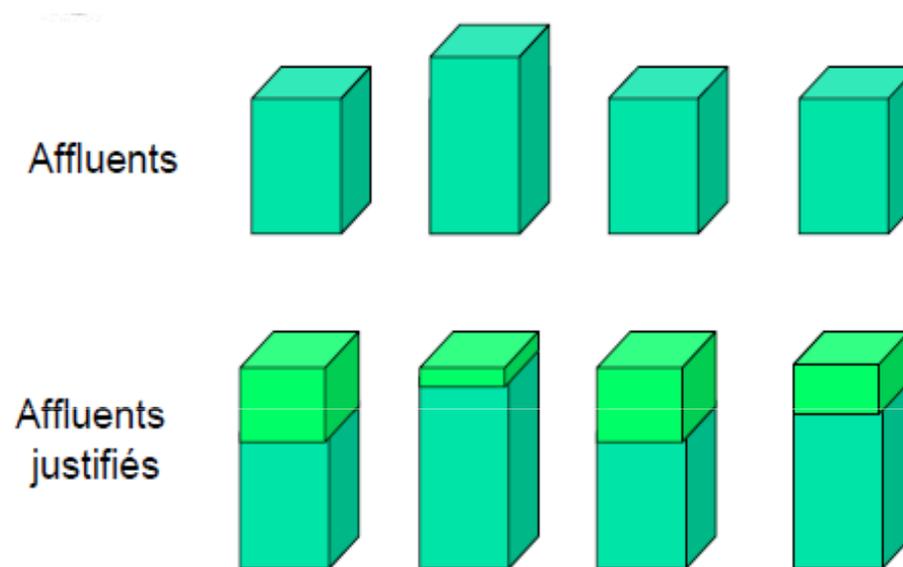
Protocole PDH

PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy)

Ordre de la trame	Débit	Affluents	Débit d'informations de contrôle	Débit de justification par affluent
Niveau 1 E1	2048 kbit/s	$30 \times 64 \text{ kbit/s}$ = 1920 kbit/s	$2 \times 64 \text{ kbit/s}$	0
Niveau 2 E2	8 448 kbit/s	$4 \times 2048 \text{ kbit/s}$ = 8192 kbit/s	216 kbit/s 256 kbit/s 224 kbit/s	G742 + 10 kbit/s G744 0 G745 + 8 kbit/s
Niveau 3 E3	34 368 kbit/s	$4 \times 8448 \text{ kbit/s}$ = 33792 kbit/s	486,8 kbit/s 512 kbit/s	G751 + 22,3 kbit/s G753 + 16 kbit/s
Niveau 4 E4	139 264 kbit/s	$4 \times 34 368 \text{ kbit/s}$ = 137872 kbit/s	1201,6 kbit/s 1136 kbit/s	G751 + 47,6 kbit/s G754 + 64 kbit/s

Tab.1: Débits de justification dans PDH

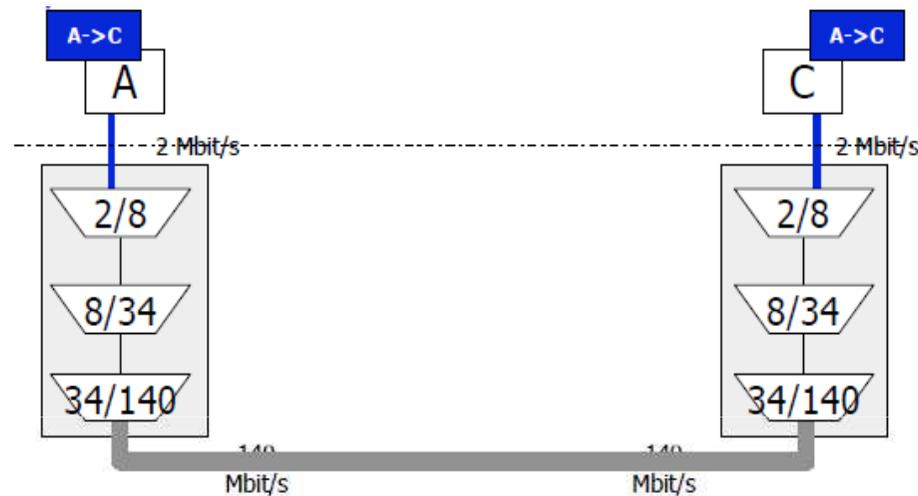
PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy)



-PDH ne dispose pas d'horloges précises, leurs fluctuations impliquent des mécanismes (Justification) qui empêchent un accès aux niveaux inférieurs du multiplex. → Il faut à chaque étape analyser s'il y a eu une justification.

Protocole PDH

PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy): Inconvénient



L'insertion du site B amène à un démultiplexage **complet** de la trame avant de la reconstituer.

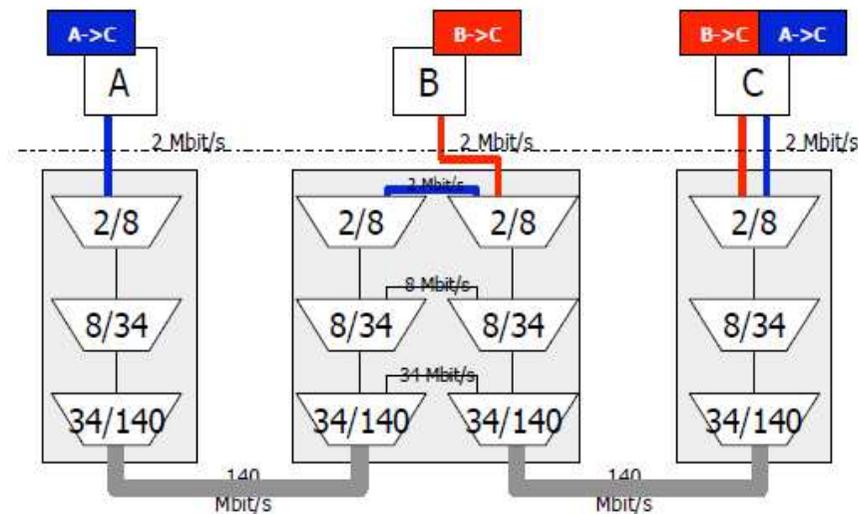


Fig.10: Démultiplexage de la totalité des canaux

SDH (Synchronous Digital Hierarchy) : Avantage

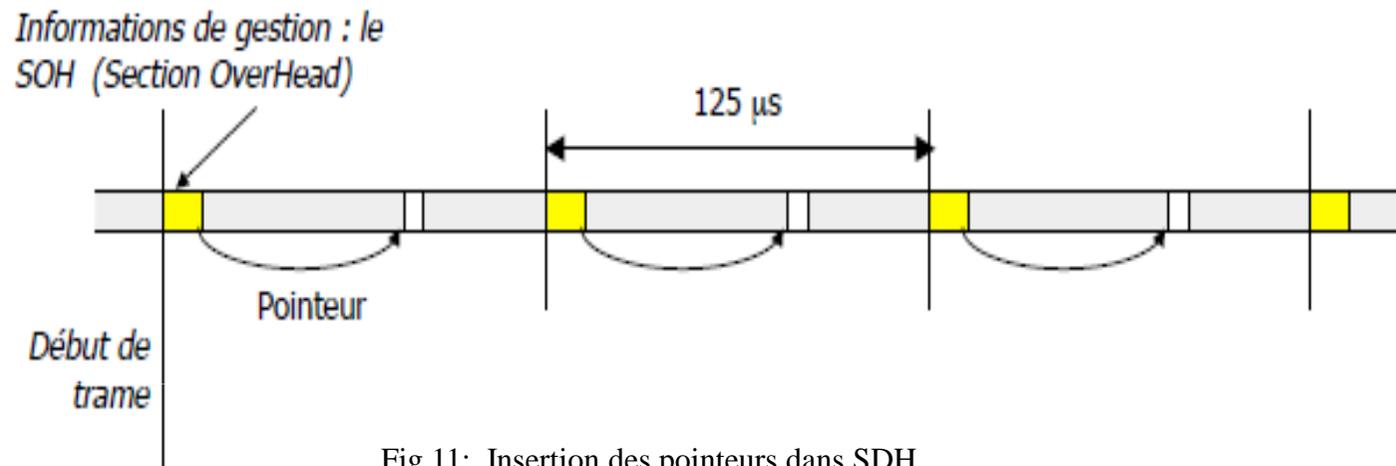


Fig.11: Insertion des pointeurs dans SDH

- La trame arrive à une cadence régulière 8000 trames/s, soit toutes les 125 μ s
- Chaque conduit (2, 34, 140 Mbit/s) est repéré par sa position dans la trame grâce au pointeur

SDH (Synchronous Digital Hierarchy) : Avantage

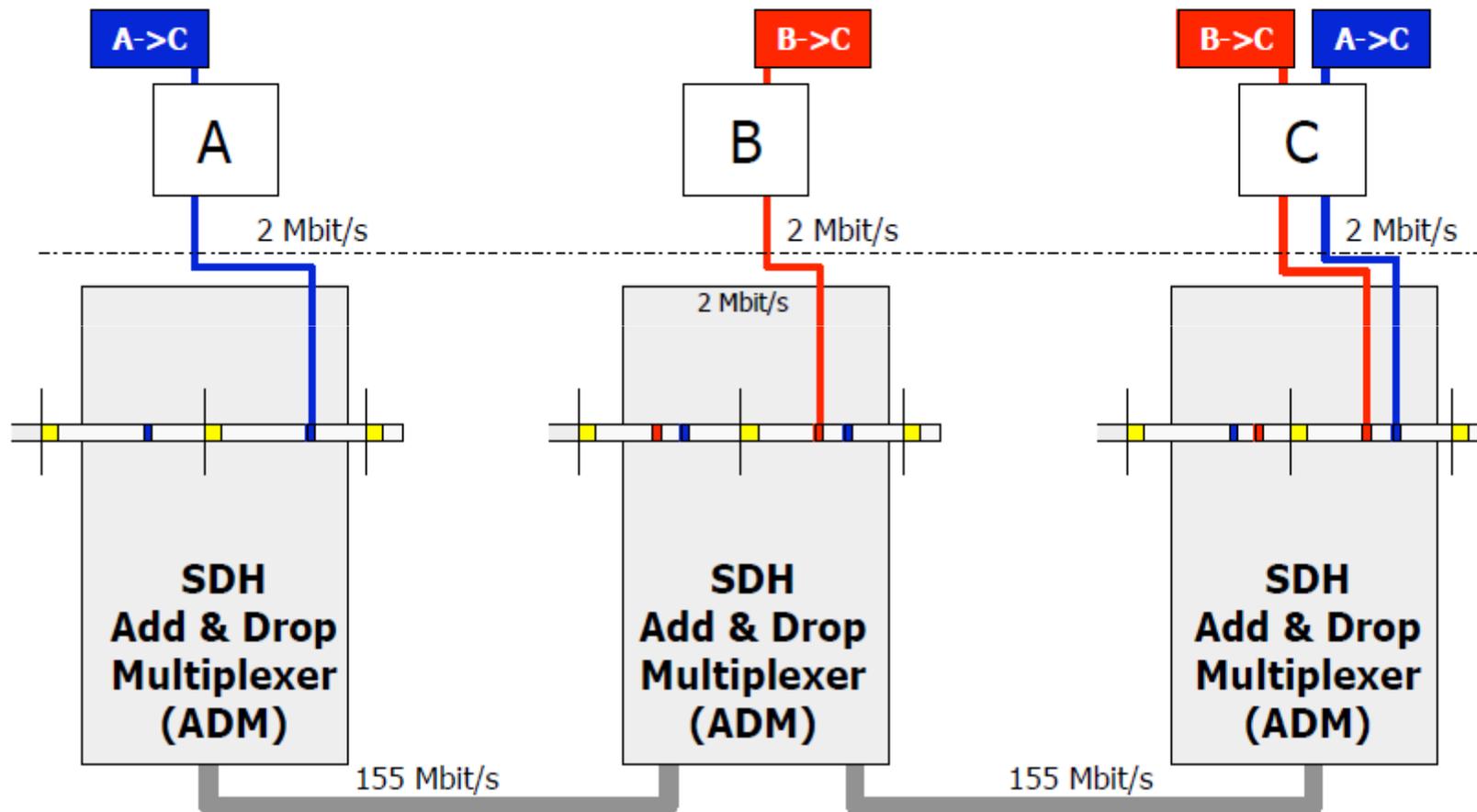


Fig.12: Démultiplexage de chaque conduit (2, 34, 140)

Constitution des trames SDH

-La partie synchrone du réseau est faite à la base de module de transport synchrone STM1 (Synchronous Transport Module): Trame de 19440 bits de période 125 μ s → débit de 155,52 Mbits/s

-Grâce à la synchronisation, il est facile de faire des entrelacements de module STM → On définit des STM-n qui sont des entrelacement d'octets de n trames STM1

-Contrairement à PDH, on a facteur entier entre les débits de niveau STM=> pas d'ajout d'information de contrôle

-Deux parties de constitution des trames SDH:

- Niveau Supérieur HO:STM (Synchronous Transport Module)

- Niveau Inférieur LO: Affluents

Constitution des trames SDH

Multiplexage SDH:

SDH	SONET	Désignation optique	Débit (Mbps)
	STS-1	OC-1	51.84
STM-1	STS-3	OC-3	155.52
STM-4	STS-12	OC-12	622.08
STM-16	STS-48	OC-48	2488.32
STM-64	STS-192	OC-192	9953.28

Tab. 2: Débits de la Hiérarchie SDH/SONET

STM: Synchronous Transport Module
 STS: Synchronous Transport Signal
 OC: Optical Carrier /Optical Contenaire
 E/O: Electro/Optical Conversion

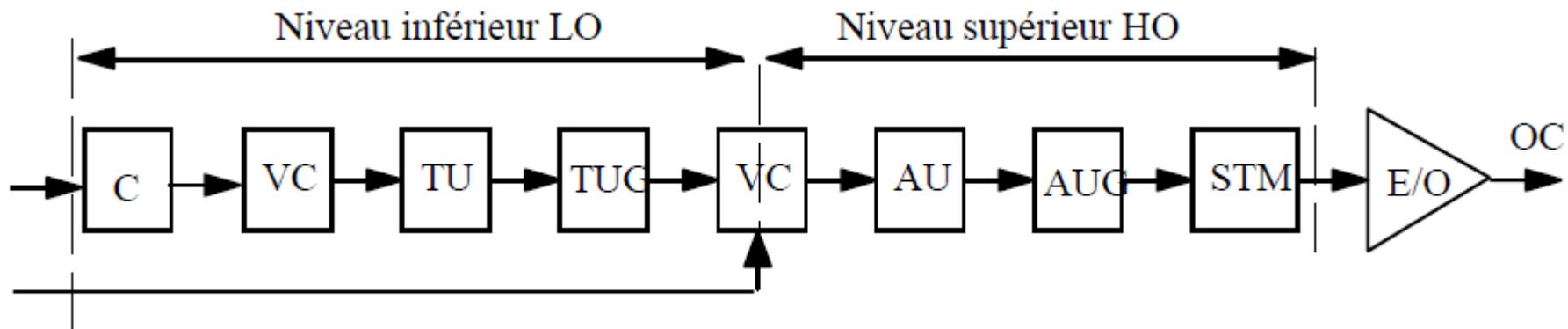


Fig.13 :Niveaux de multiplexage SDH

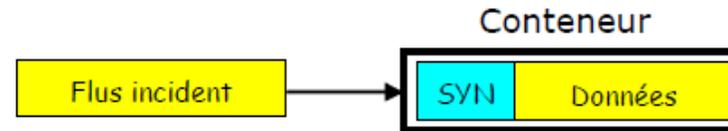
Constitution des trames SDH

Blocs SDH (trames):

- (C): Conteneur
- (CV): Virtual Contener= Conteneur virtuel
- (TU): Tributary Unit= unité d'affluent
- (TUG) : Tributary Unit Group
- (AU): Administrative Unit
- (AUG): Administrative Unit Group
- (STM) : Synchronous Transport Module
- Le Multiplexage se fait en 2 niveau:
 - Niveau inférieur LO (Low Order)
 - Niveau Supérieur HO (High Order)
- Un bloc de donnée est toujours transmis en 125 μ s

Constitution des trames SDH

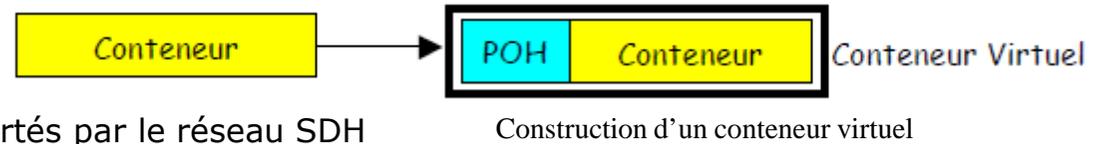
Conteneur (C):



Virtuel Contener (CV):

-- POH: bits de gestion

-- VCs, sont les élément de bases transportés par le réseau SDH



Tributary Unit (TU):



Insertion d'un pointeur pour localiser un CV dans une trame SDH

Tributary Unit Group(TUG):

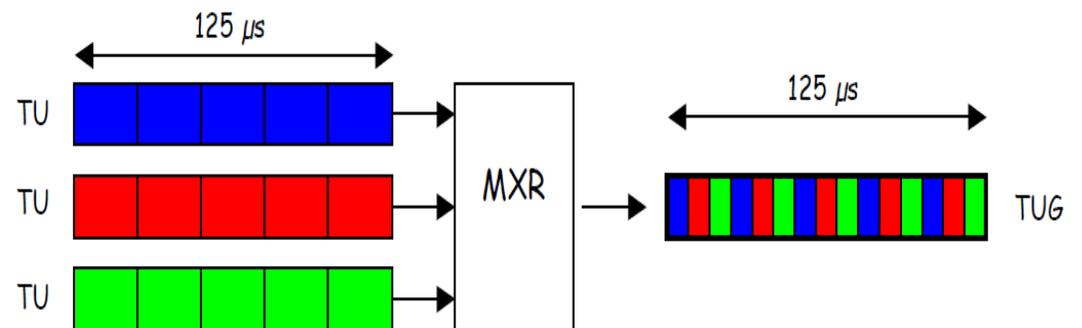


Fig. 14: Construction d'une TUG à partir de 3/4 TUs

Constitution d'une trame SDH

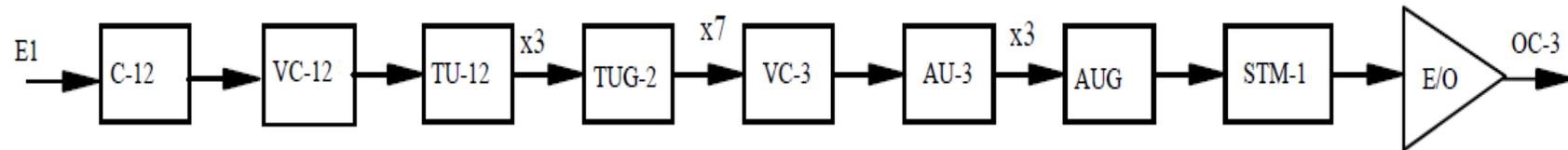


Fig.15 : Formation d'un signal STM-1 (2430 Octets) à partir d'affluents E1

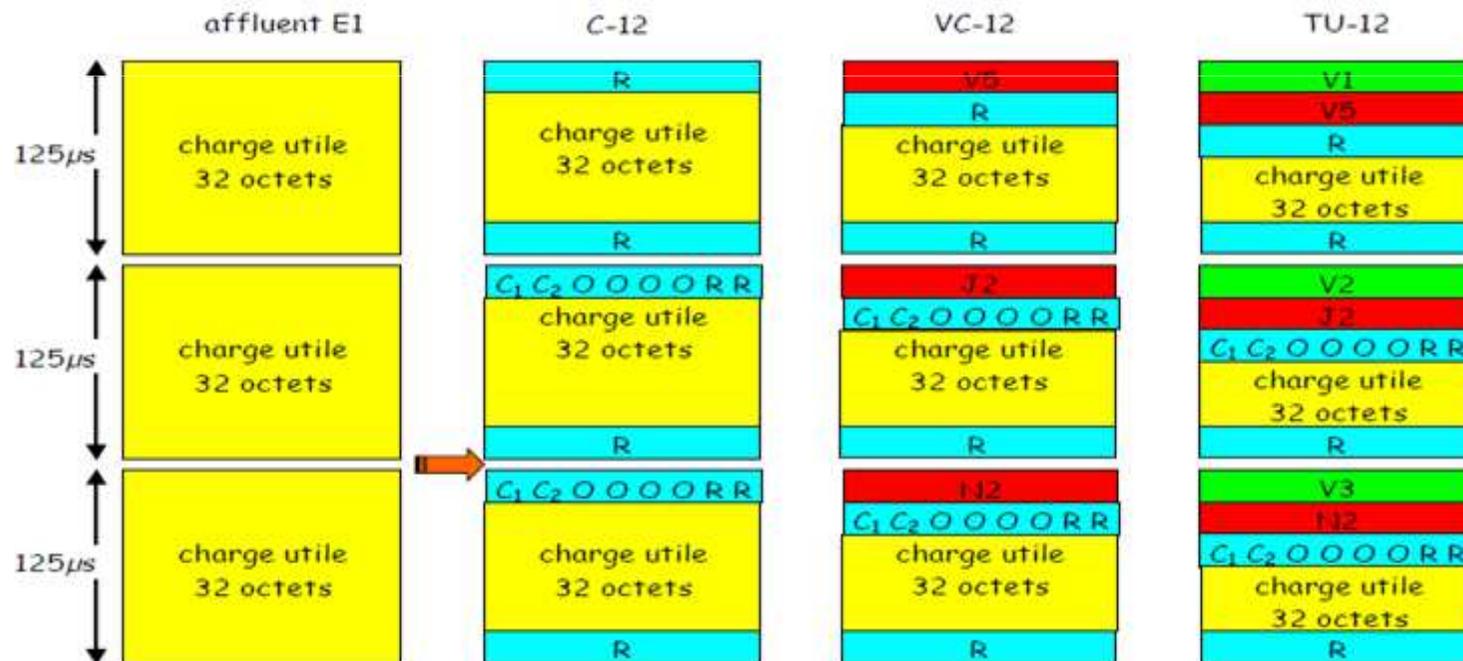


Fig.16 : Constitution de la TributaryUnit TU-12

Protocole SDH

Arbre de Multiplexage

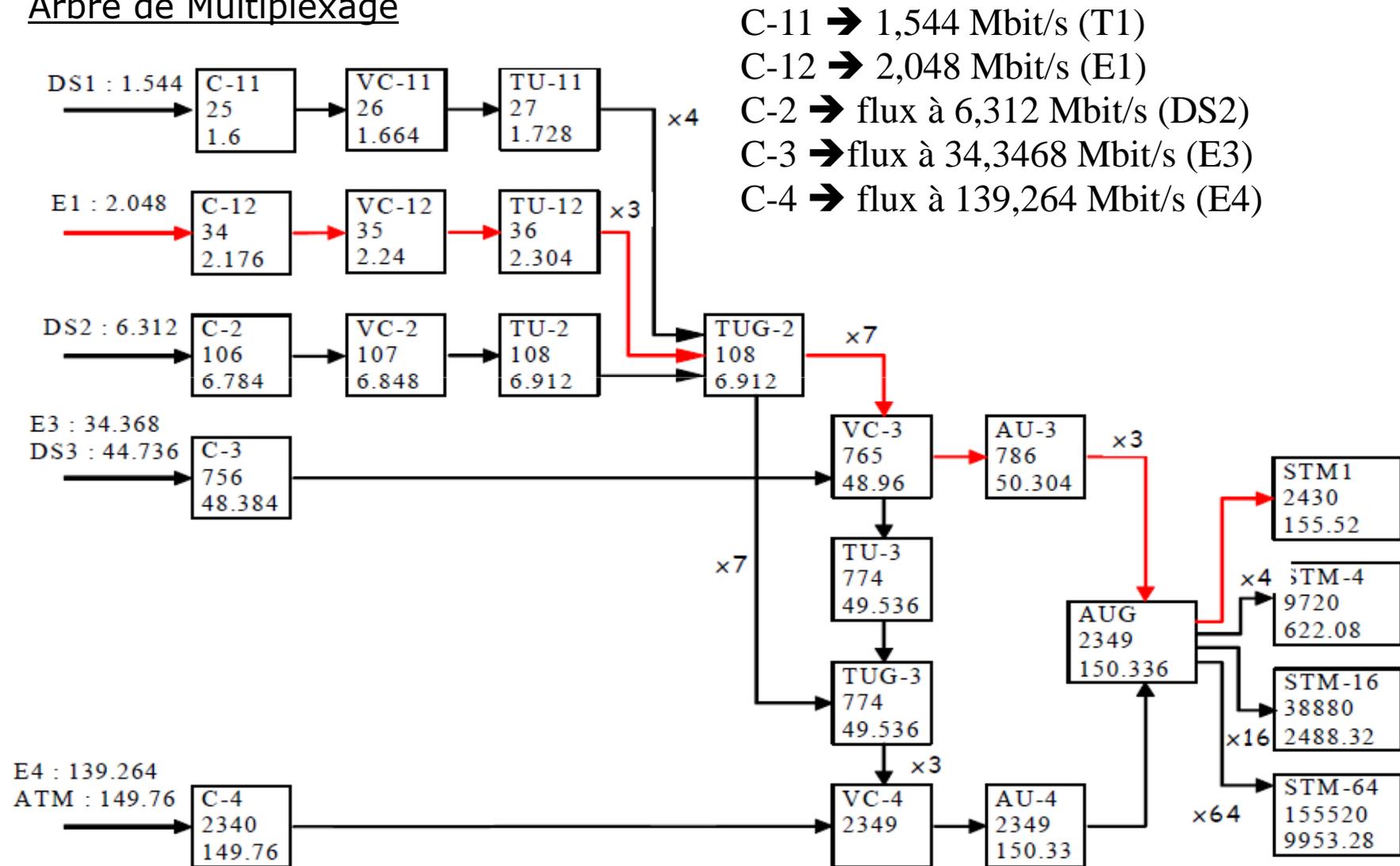


Fig.17: Arbre de multiplexage SDH

Constitution d'une trame SDH

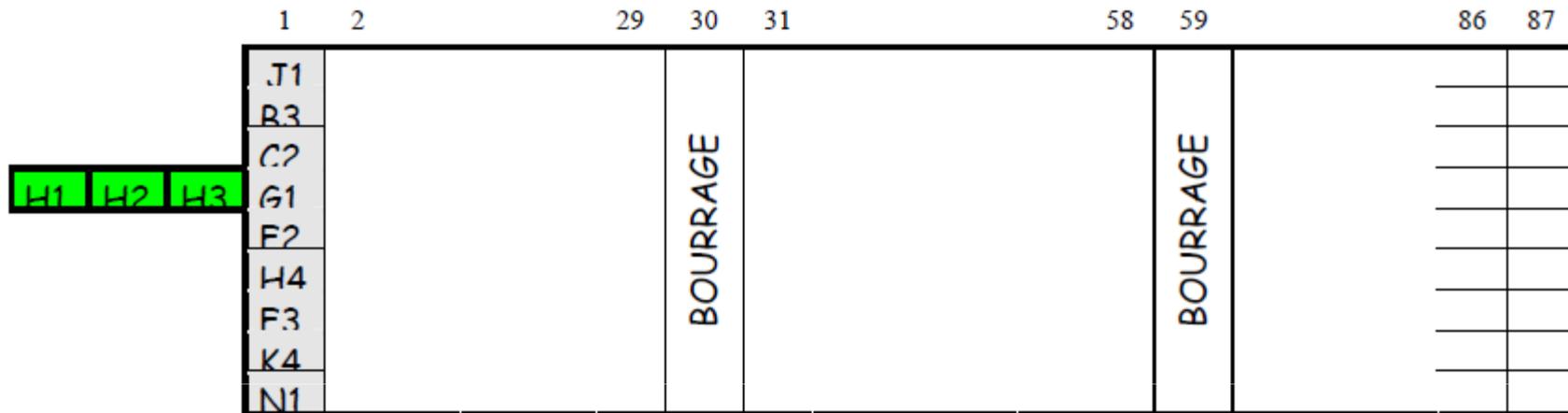


Fig.21: L'unité administrative AU-3

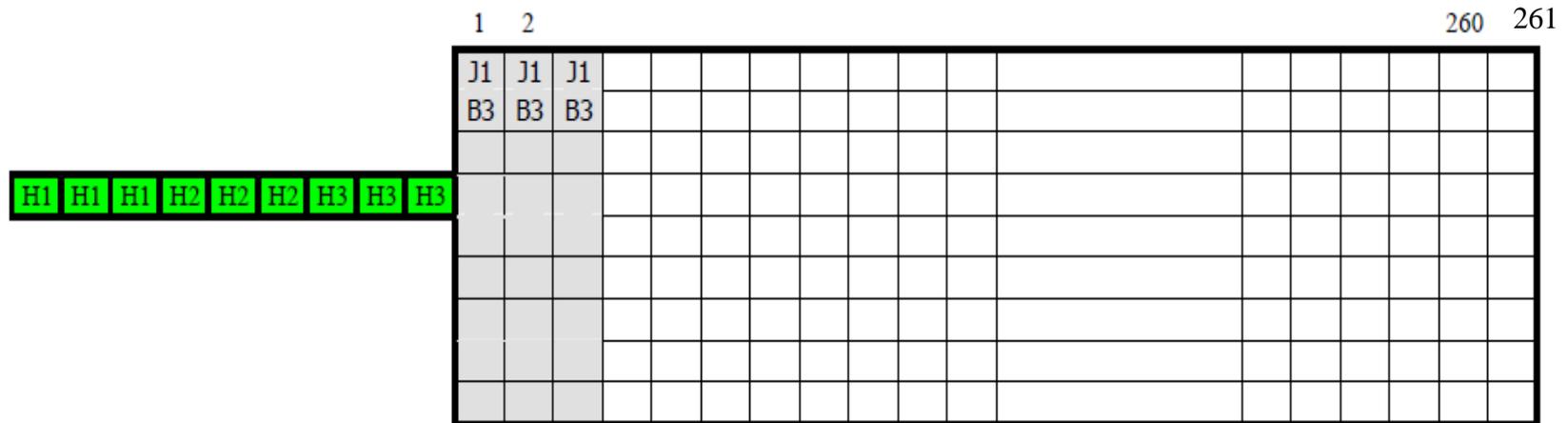
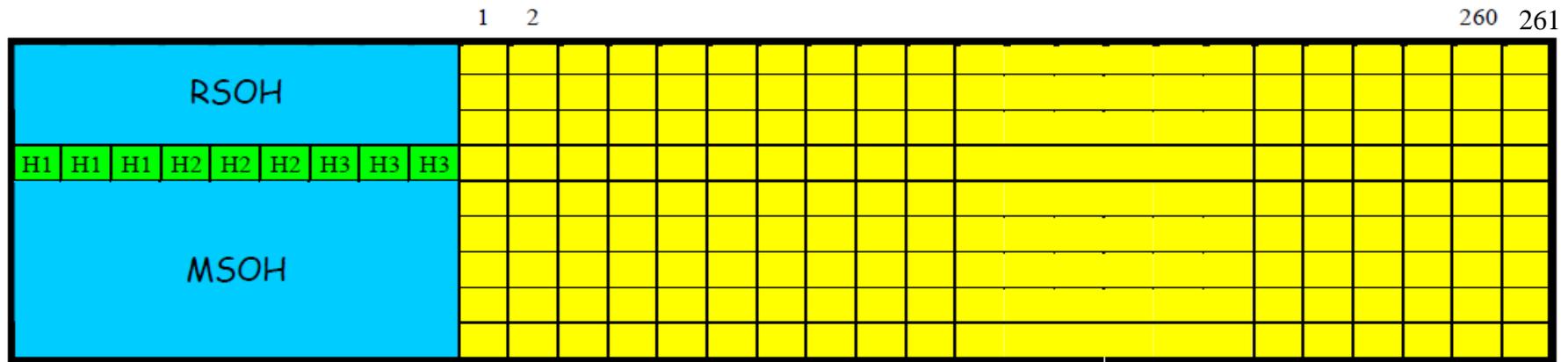


Fig.22: L'unité administrative AUG

Constitution d'une trame SDH



RSOH: Regenerator Section Overhead
 MSOH: Multiplex Section Overhead

Fig.23: Groupe d'unité administrative AU-G

RSOH: Contient les information utiles aux modules régénérateurs

MSOH: Contient les informations utiles aux modules multiplexeurs

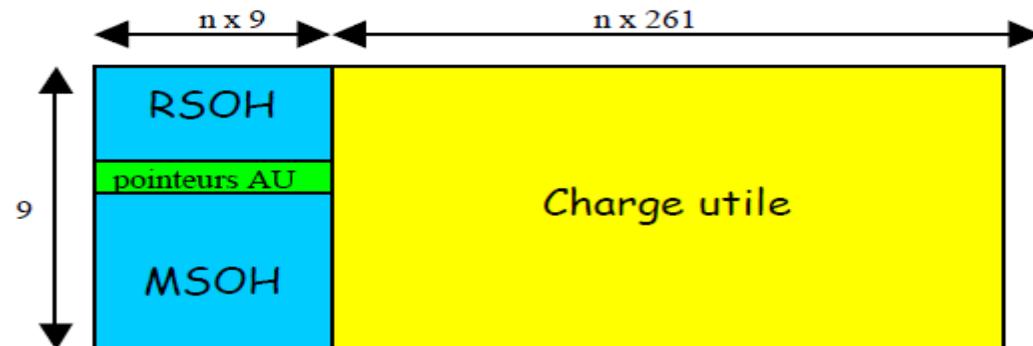


Fig.24: Trame STM-N

Arbre de Multiplexage

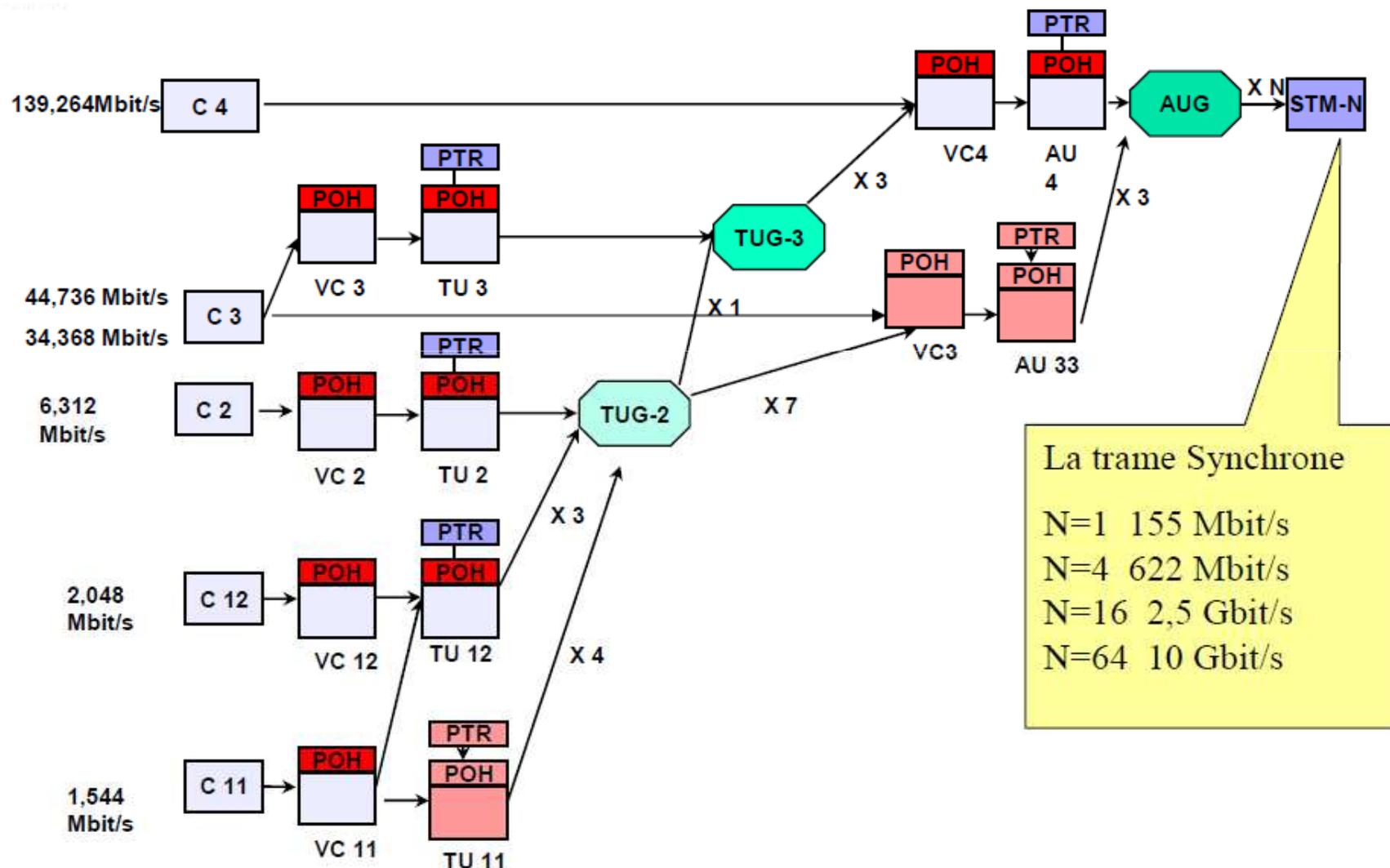


Fig.25: Structure de multiplexage IUT

Protocoles de communication

SDH (Synchronous Digital Hierarchy)/SONET (Synchronous Optical Network)

- Aspect principal: Les équipements du réseau SDH sont pilotés par le même signal d'horloge (horloge atomique qui distribue le rythme pour l'ensemble des nœuds).
- Ce rythme est transmis de proche en proche sur F.O à tous les équipements de transmission SDH du pays.
- Possibilité d'insérer et d'extraire un affluent de faible débit d'un circuit à haut débit sans être obligé de le dé-multiplexer. Cette opération est impossible avec la hiérarchie PDH.

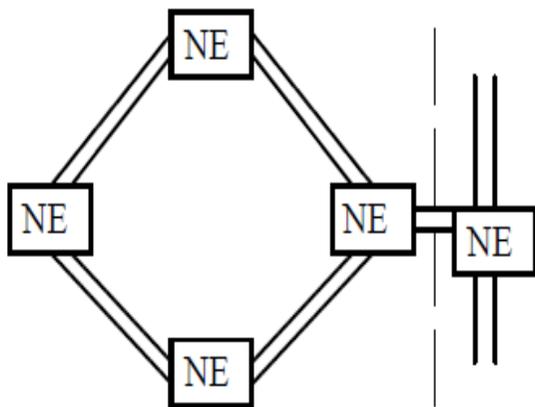
Topologies des réseaux SDH/SONET

Topologie des réseaux SDH SDH (Synchronous Digital Hierarchy)

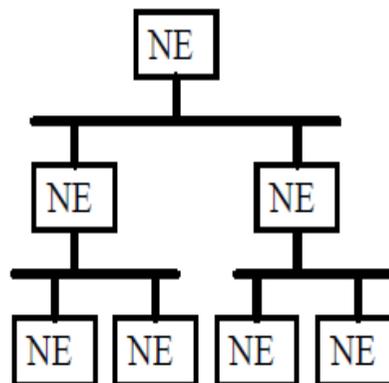
-L'architecture d'un réseau SDH est déterminée à partir d'un certain nombre de considérations fondamentales telles que :

- Respect du débit et du synchronisme.
- Assurer le transport dans un temps minimum.
- Capacité du réseau à palier automatiquement à ses défaillances au moins partiellement pour assurer le transport des données vitales.

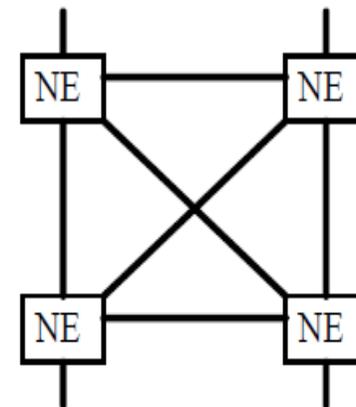
→ L'architecture en anneau est celle qui répond le mieux à ces considérations.



a/ Réseau en anneau



b/ Réseau arborescent



c/ Réseau maillé

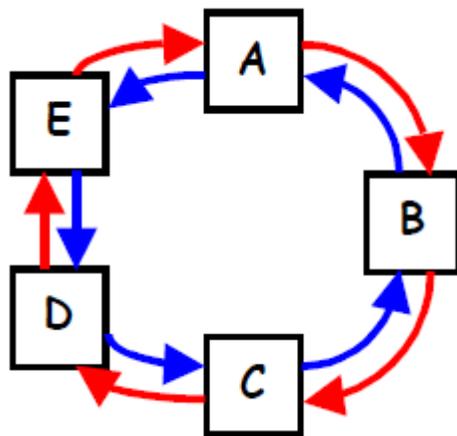
Topologies des réseaux SDH/SONET

Architecture en anneau mono-fibre

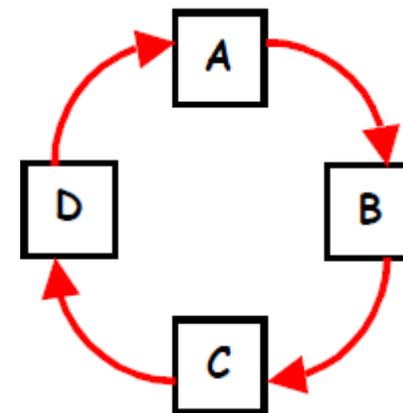
- Le temps de transmission entre deux noeuds est différent selon le sens du flux.
- temps de transmission $B \rightarrow A$ est supérieur au temps de transmission $A \rightarrow B$.

Architecture en anneau bidirectionnel

- Constituée d'une paire de fibre.
- Chaque fibre transporte le trafic dans un sens.
- Permet aussi une meilleure gestion des trafics sur les différents tronçons du réseau.



Anneau bidirectionnel



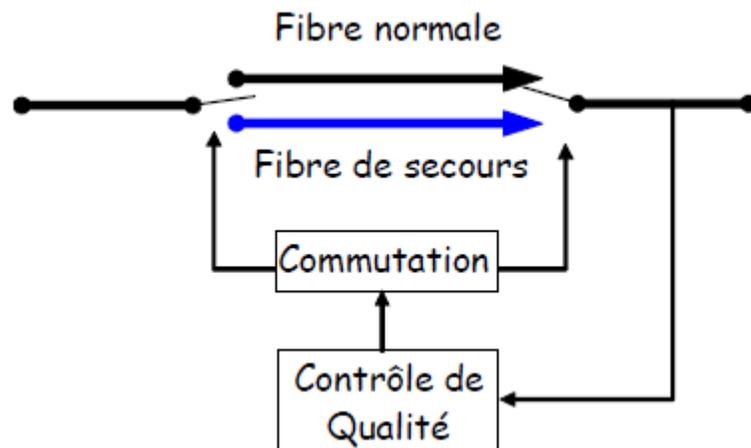
Anneau unidirectionnel

Topologies des réseaux SDH/SONET

Protection dans les réseaux SDH

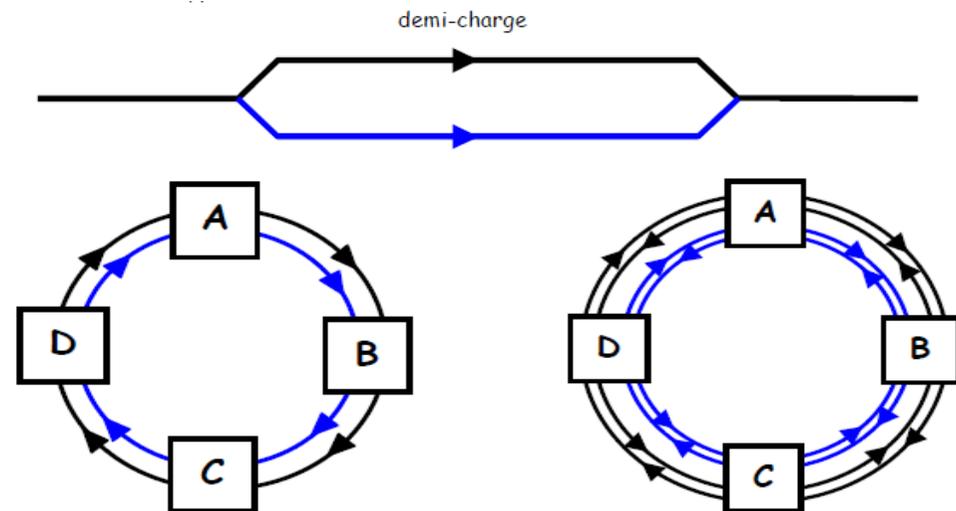
- Pour faire face aux défaillances techniques, la SDH/SONET réserve des circuits physiques.
- Ces circuits peuvent servir à transporter des circuits supplémentaires.
- En cas de défaillance, les délais de reprise sont généralement compris entre 50 et 100 ms (parfois jusqu'à 1s)

Protection 1+1



Circuit de commutation d'une protection 1+1

Protection 1:1



Anneau unidirectionnel protégé

anneau bidirectionnel protégé

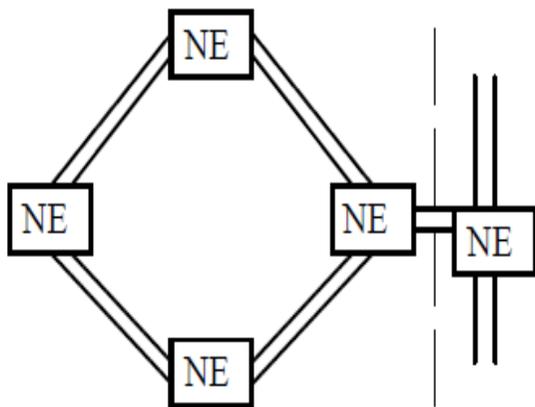
Topologies des réseaux SDH/SONET

Topologie des réseaux SDH SDH (Synchronous Digital Hierarchy)

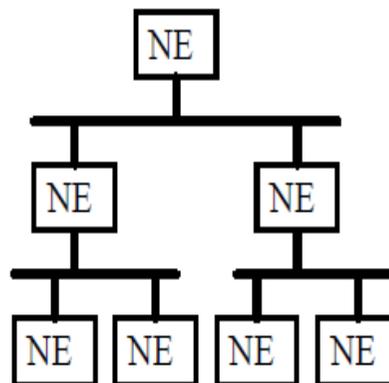
-L'architecture d'un réseau SDH est déterminée à partir d'un certain nombre de considérations fondamentales telles que :

- Respect du débit et du synchronisme.
- Assurer le transport dans un temps minimum.
- Capacité du réseau à palier automatiquement à ses défaillances au moins partiellement pour assurer le transport des données vitales.

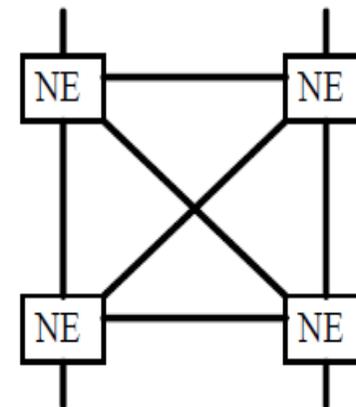
→ L'architecture en anneau est celle qui répond le mieux à ces considérations.



a/ Réseau en anneau



b/ Réseau arborescent



c/ Réseau maillé

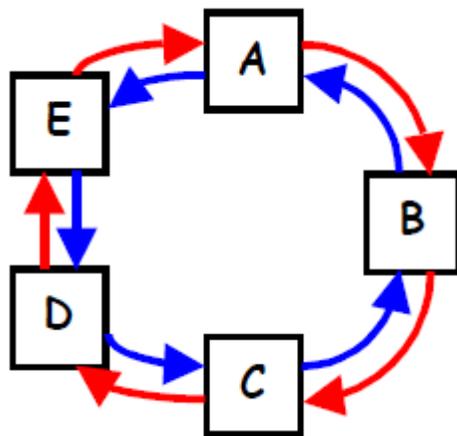
Topologies des réseaux SDH/SONET

Architecture en anneau mono-fibre

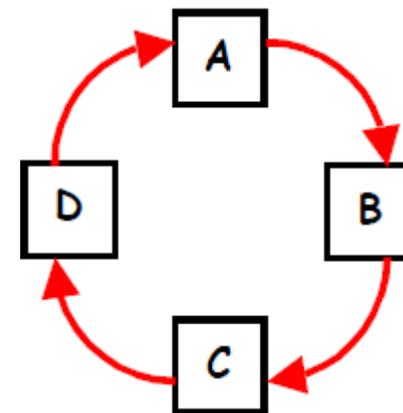
- Le temps de transmission entre deux noeuds est différent selon le sens du flux.
- temps de transmission $B \rightarrow A$ est supérieur au temps de transmission $A \rightarrow B$.

Architecture en anneau bidirectionnel

- Constituée d'une paire de fibre.
- Chaque fibre transporte le trafic dans un sens.
- Permet aussi une meilleure gestion des trafics sur les différents tronçons du réseau.



Anneau bidirectionnel



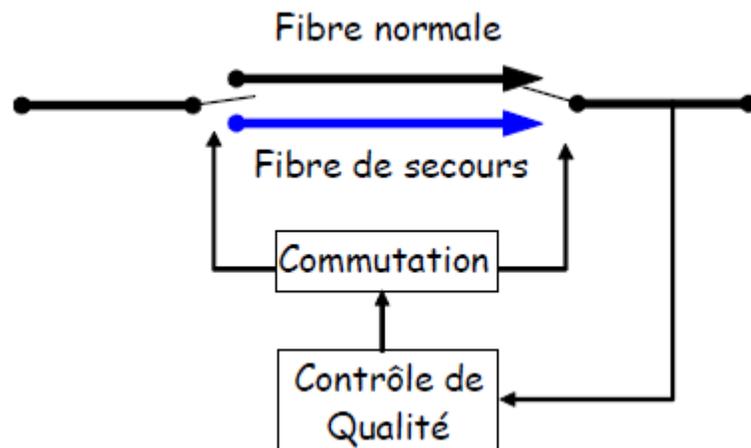
Anneau unidirectionnel

Topologies des réseaux SDH/SONET

Protection dans les réseaux SDH

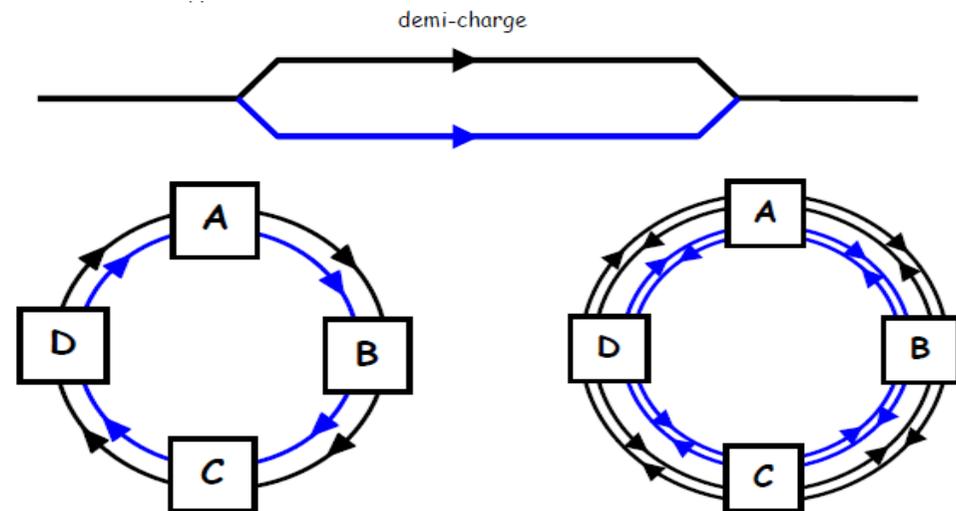
- Pour faire face aux défaillances techniques, la SDH/SONET réserve des circuits physiques.
- Ces circuits peuvent servir à transporter des circuits supplémentaires.
- En cas de défaillance, les délais de reprise sont généralement compris entre 50 et 100 ms (parfois jusqu'à 1s)

Protection 1+1



Circuit de commutation d'une protection 1+1

Protection 1:1

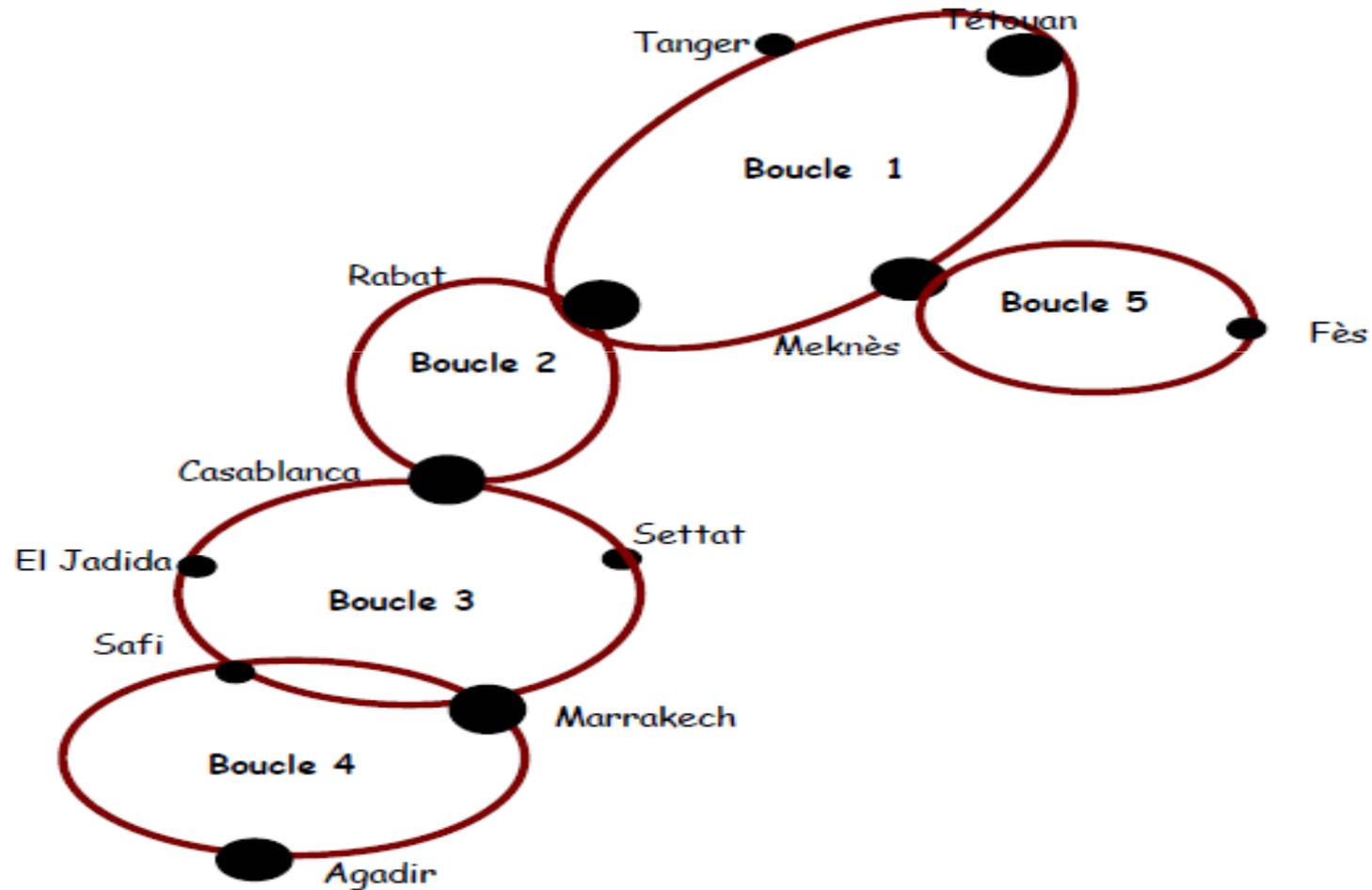


Anneau unidirectionnel protégé

anneau bidirectionnel protégé

Topologies des réseaux SDH/SONET

Réseaux SDH



Réseau SDH de Maroc Telecom