



CHAPITRE 2. 3. : LES MULTIPLEXEURS

Cours Bases des
Télécommunications

Dr Abdou Khadre DIOP

Les multiplexeurs



Principe

Multiplexage fréquentiel FDMA

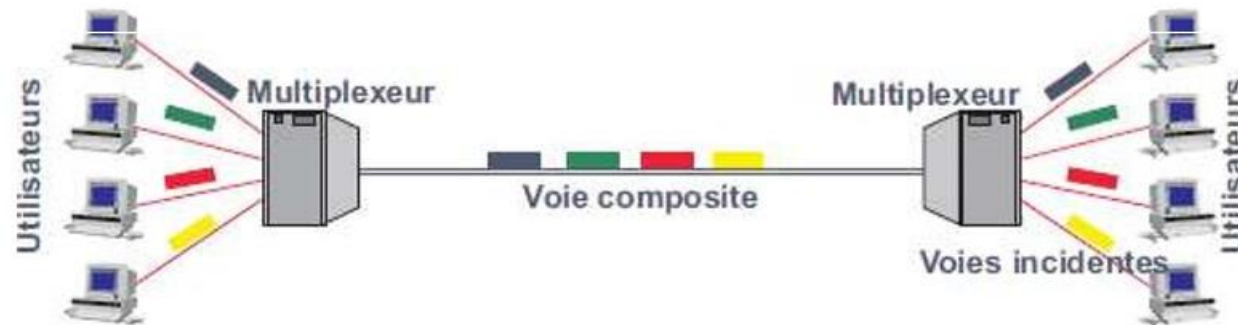
Multiplexage temporel TDMA

Multiplexage WDM

Les hierarchies PDH et SDH

Multiplexeurs : Principe

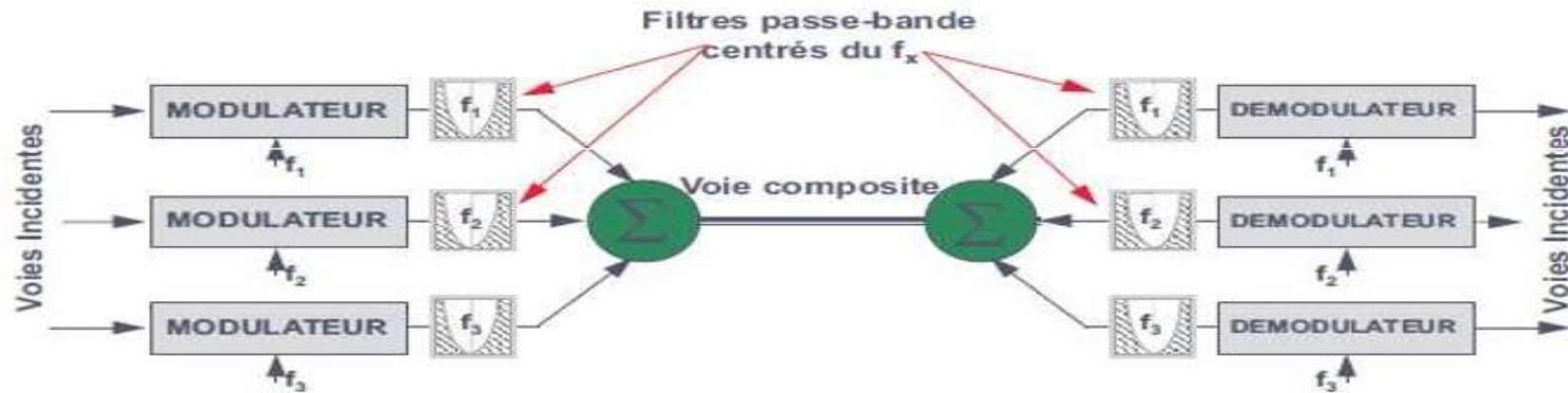
- ❑ Le multiplexeur ou MUX est un équipement qui met en relation un utilisateur avec un autre par l'intermédiaire d'un support partagé par plusieurs utilisateurs. Un multiplexeur n voies simule, sur une seule ligne, n liaisons point à point. L'opération de regroupement des voies incidentes sur un même support s'appelle le multiplexage. Le démultiplexage est l'opération inverse.



- ❑ Le partage de la voie composite peut être un partage soit de la bande disponible (FDMA), soit du temps d'utilisation de la voie (TDMA).

Multiplexeurs : FDMA

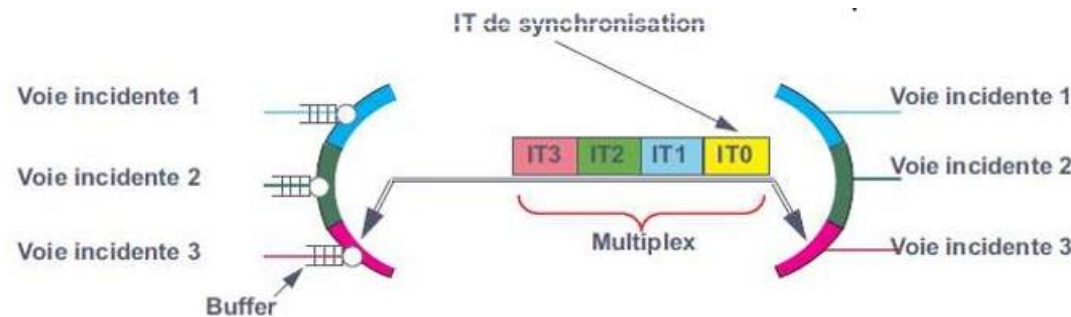
- ❑ La bande passante du support est divisée en canaux :
 - ❑ Pour le multiplexage, chaque voie est modulée par une porteuse différente.
 - ❑ Pour le démultiplexage, chaque voie est extraite par l'intermédiaire de filtres.



- ❑ Son efficacité est très faible :
 - ❑ Une bande de garde sépare les canaux pour éviter les interférences.
 - ❑ Chaque voie dispose en permanence du canal qui lui est affectée. Si un utilisateur n'utilise pas son canal, la bande correspondante est perdue

Multiplexeurs : TDMA

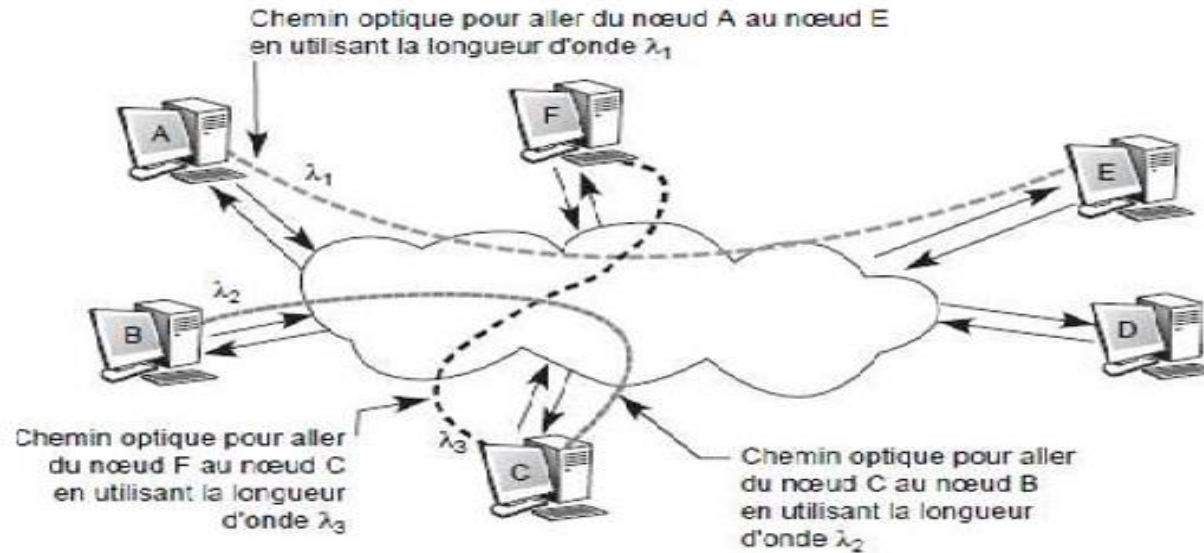
- ❑ Un multiplexeur temporel relie une voie incidente d'entrée à une voie incidente de sortie durant un intervalle de temps IT prédéterminé : on parle de voie temporelle.
 - ❑ L'IT de synchronisation permet de déterminer le début de trame.
 - ❑ Pour le démultiplexage, l'identification des IT est nécessaire.
 - ❑ L'ensemble des différentes voies et de (ou des) l'IT de synchronisation est appelée le multiplex.



- ❑ Le TDM est plus efficace que le FDM mais elle n'est pas optimal :
 - ❑ La ligne est inexploitée si un utilisateur n'utilise pas son IT
 - ❑ Inégalités de débit car il est impossible d'avoir des horloges identiques, même si on les réalise à partir d'une horloge unique.

Multiplexeurs : WDM

Les réseaux optiques s'appuient sur le multiplexage en longueur d'onde, appelée WDM (Wavelength Division Multiplexing) ou encore DWDM (Dense WDM) lorsque le nombre de longueurs d'onde est très important. Ce multiplexage consiste à diviser le spectre optique en plusieurs sous canaux, chaque sous-canal étant associé à une longueur d'onde (couleur).



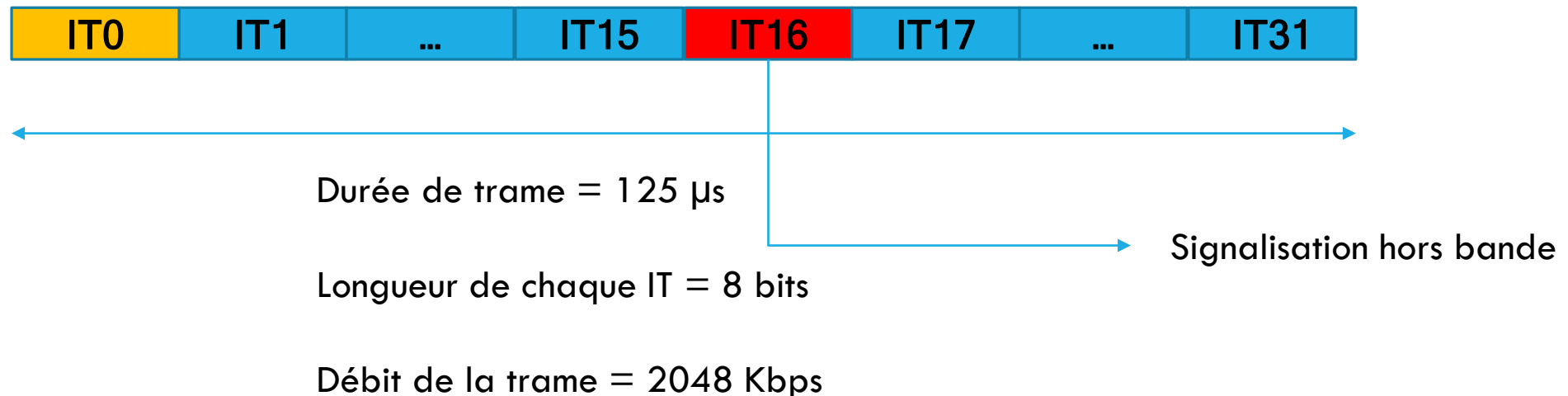
Multiplexeurs : Hiérarchies PDH et SDH

La numérisation du réseau téléphonique par la technique MIC a permis de définir (et de normaliser) plusieurs niveaux de multiplexage. Le premier niveau de la hiérarchie est appelé débit primaire (E1 en Europe ou T1 en Amérique du Nord). Ensuite, le multiplexage dans le réseau de transport de haut débit consiste à associer ou regrouper des débits incidents ou primaires au niveau des commutateurs centraux pour former un débit supérieur qui soit plus facile à transmettre et à gérer dans le plan de transmission. Le regroupement s'effectue dès que possible avec comme objectif de partager au moindre coût les supports physiques de transmission. La fonction de multiplexage s'introduit donc naturellement au sein du réseau téléphonique pour réaliser cet objectif. Il existe deux hiérarchies de multiplexages numériques :

- ❑ Le PDH : Plesiochronous Digital Hierarchy
- ❑ Le SDH : Synchronous Digital Hierarchy.

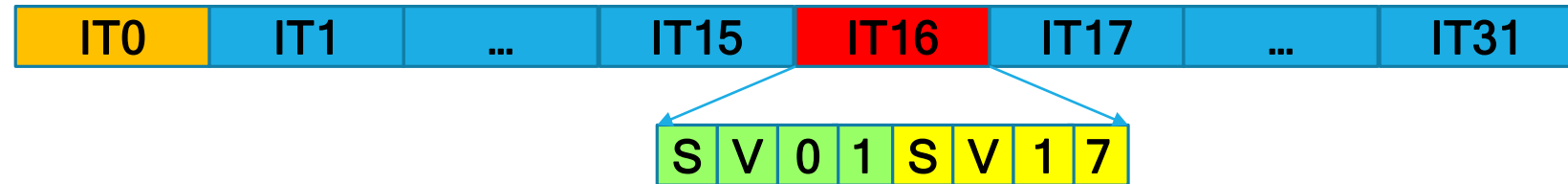
Multiplexeurs : Premier niveau de multiplexage (E1)

- ❑ Le MIC (Modulation par Impulsion et code) : c'est le premier niveau de multiplexage, il est constitué de 32 canaux à 64000 bit/s (30 voies + 1 signalisation + 1 synchronisation). Une frame MIC dure 125 μ s, elle se compose d'un octet de synchro, de 15 octets représentant les voies 1..15, d'un octet de signalisation et de 15 octets pour les voies 17..31.

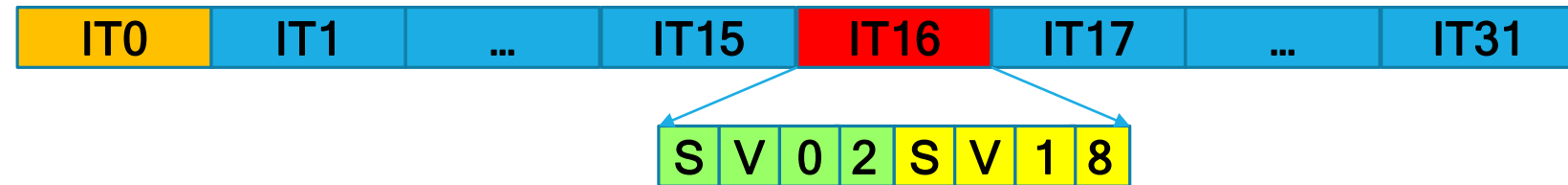


Multiplexeurs : Premier niveau de multiplexage (E1)

Trame 1

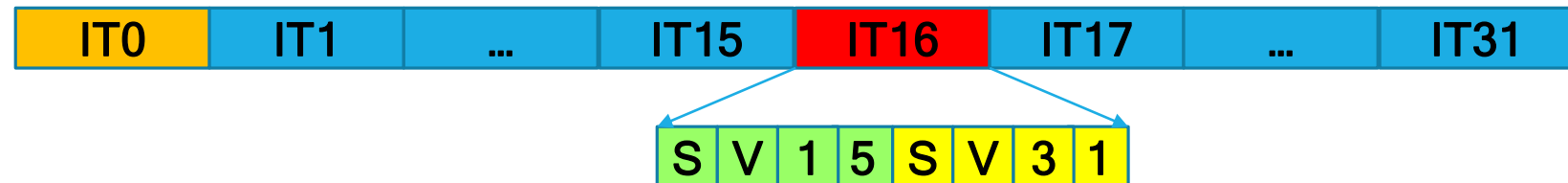


Trame 2



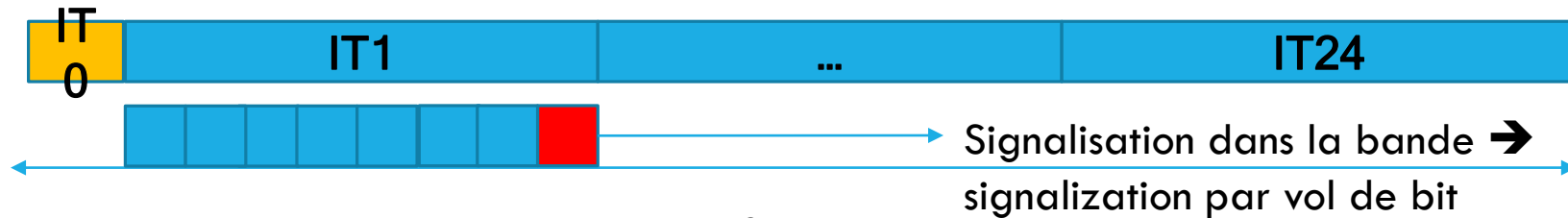
⋮

Trame 15



Multiplexeurs : Premier niveau de multiplexage (T1)

- ❑ Le MIC (Modulation par Impulsion et code) : c'est le premier niveau de multiplexage, il est constitué de 24 canaux à 56000 bit/s (24 voies + 1 bit de synchronisation). Une frame MIC dure 125 μ s, elle se compose d'un bit de synchro, de 24 octets représentant les 24 voies.



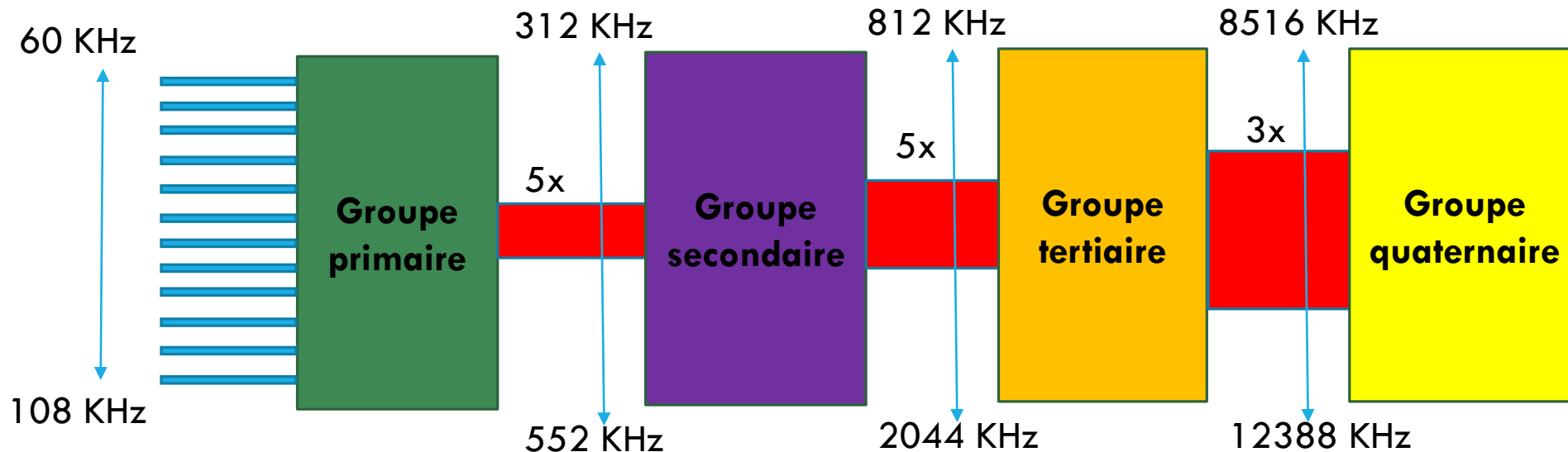
Durée de frame = 125 μ s

Longueur de chaque IT = 8 bits IT₀ = 1 bit

Débit de la frame = 1544 Kbps

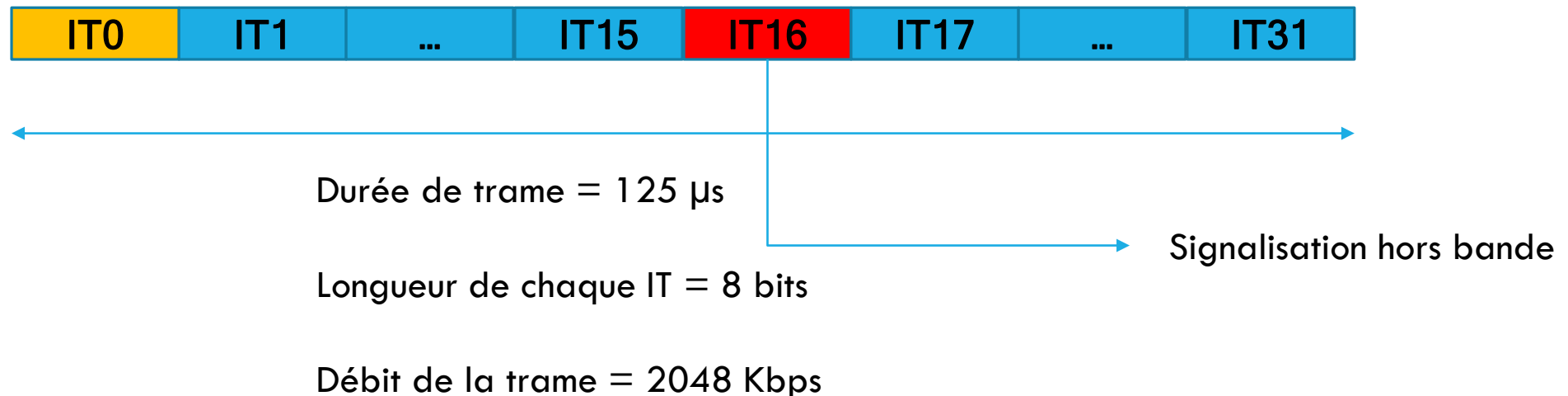
Multiplexeurs : Multiplexage analogique

C'est un multiplexage appelé à "courants porteurs", chaque canal analogique 300-3400Hz est modulé en BLU sur des porteuses séparées de 4KHz.



Multiplexeurs : Multiplexage numérique

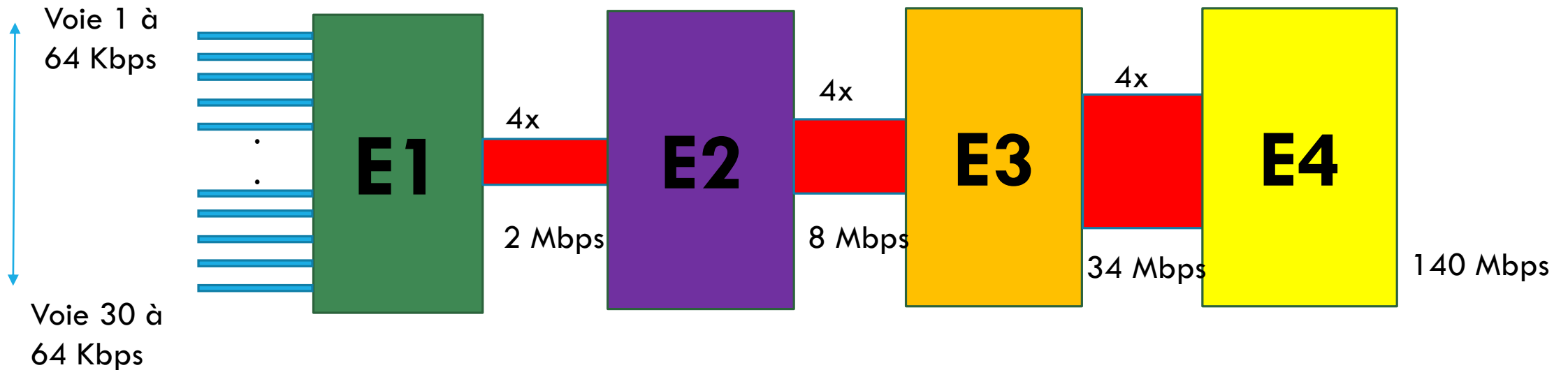
- ❑ Le MIC (Modulation par Impulsion et code) : c'est le premier niveau de multiplexage, il est constitué de 32 canaux à 64000 bit/s (30 voies + 1 signalisation + 1 synchronisation). Une trame MIC dure 125 μ s, elle se compose d'un octet de synchro, de 15 octets représentant les voies 1..15, d'un octet de signalisation et de 15 octets pour les voies 17..31.



Multiplexeurs : Hiérarchies PDH

Multiplexage plésiochrone (G702) : Norme européenne

Technologie dite PDH (Plesiochronous digital hierarchy). D'un niveau de multiplex à l'autre, une marge est ajoutée afin de compenser les décalages de rythme des horloges. L'extraction d'une voie d'un multiplex haut débit nécessite le démultiplexage complet. Cette technologie est encore très présente au niveau du réseau de transport d'accès.



Multiplexeurs : Hiérarchies PDH

$E1 = 32 \times 64 = 2048 \text{ Kbps}$ (30 voies) [2 Mbit/s]

$E2 = 4 \times 2048 + 256 = 8448 \text{ kbps}$ (120 voies) [8 Mbit/s]

$E3 = 4 \times 8448 + 576 = 34.368 \text{ kbps}$ (480 voies) [34 Mbit/s]

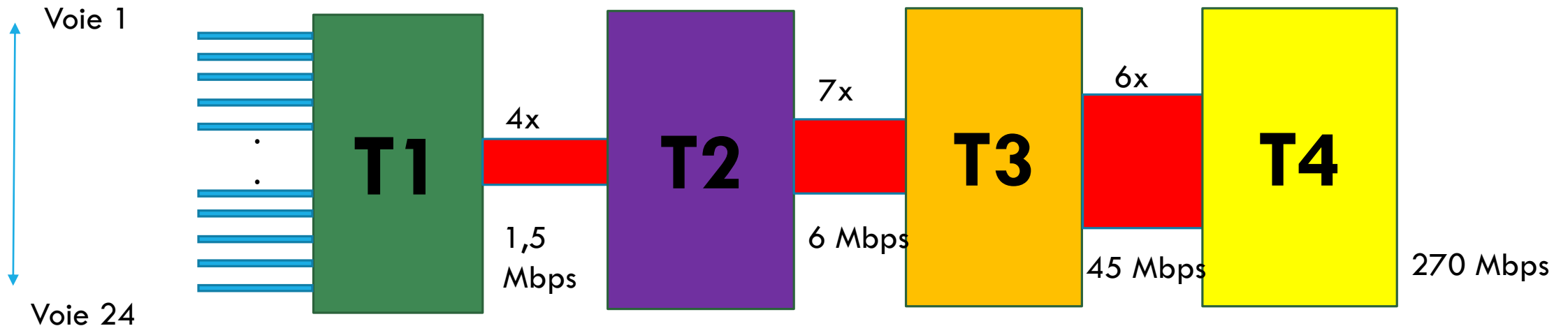
$E4 = 4 \times 34368 + 1792 = 139.264 \text{ kbps}$ (1920 voies) [140 Mbit/s]

Un niveau $4 \times E4 = 565 \text{ Mbit/s}$ se rencontre parfois.

Multiplexeurs : Hiérarchies PDH

Multiplexage plésiochrone (G702) : Norme américaine

En Amérique du nord, les niveaux de multiplex sont différents, le premier niveau (canal T1) comporte 24 voies codées sur 7 bits + 1 bit de signalisation. La trame est de $(24 \times 8) + 1 = 193$ bits en $125 \mu\text{s}$ (1544 Kbps).



Multiplexeurs : Hiérarchies PDH

$T1 = 1544 \text{ Kbps} = 1,544 \text{ Mbps}$ (24 voies) [1,5 Mbit/s]

$T2 = 4 \times 1544 + 136 = 6312 \text{ kbps}$ (96 voies) [6 Mbit/s]

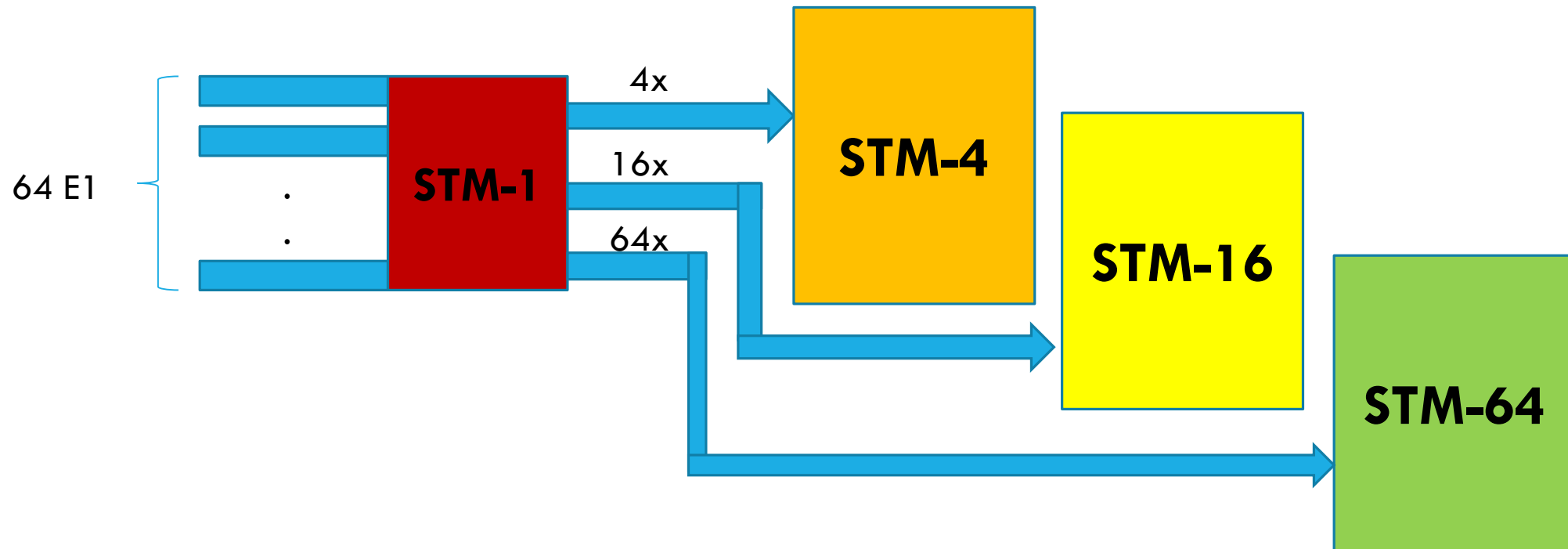
$T3 = 7 \times 6312 + 552 = 44.736 \text{ kbps}$ (672 voies) [45 Mbit/s]

$T4 = 6 \times 44.736 + 5760 = 274.176 \text{ kbps}$ (4032 voies) [270 Mbit/s]

Multiplexeurs : Hiérarchies SDH

Multiplexage synchrone :

Technologie dite SDH (Synchronous digital hierarchy). Nécessite un réseau synchronisé, l'extraction d'une voie sur un multiplex haut débit est possible directement.



Multiplexeurs : Hiérarchies SDH

STM : Synchronous Transport Module

⇒ STM1 = 155.520 Mbps	(1 920 voies)	[155 Mbit/s]
⇒ STM4 = 622.080 Mbps	(7 680 voies)	[622 Mbit/s]
⇒ STM16 = 2.488 Gbps	(30 720 voies)	[2.5 Gbit/s]
⇒ STM64 = 9.953 Gbps	(1 228 80 voies)	[10 Gbit/s]

Multiplexeurs : Structure de la trame de base

La structure de trame d'un module STM-N est indiquée par la Figure ci-dessous. La trame d'un module STM-N comprend les trois principaux domaines suivants:

- en-tête SOH;
- pointeur(s) d'unité(s) administrative(s);
- charge utile d'informations.

