



Complément sur le réseau



Rappels

Quelques protocoles



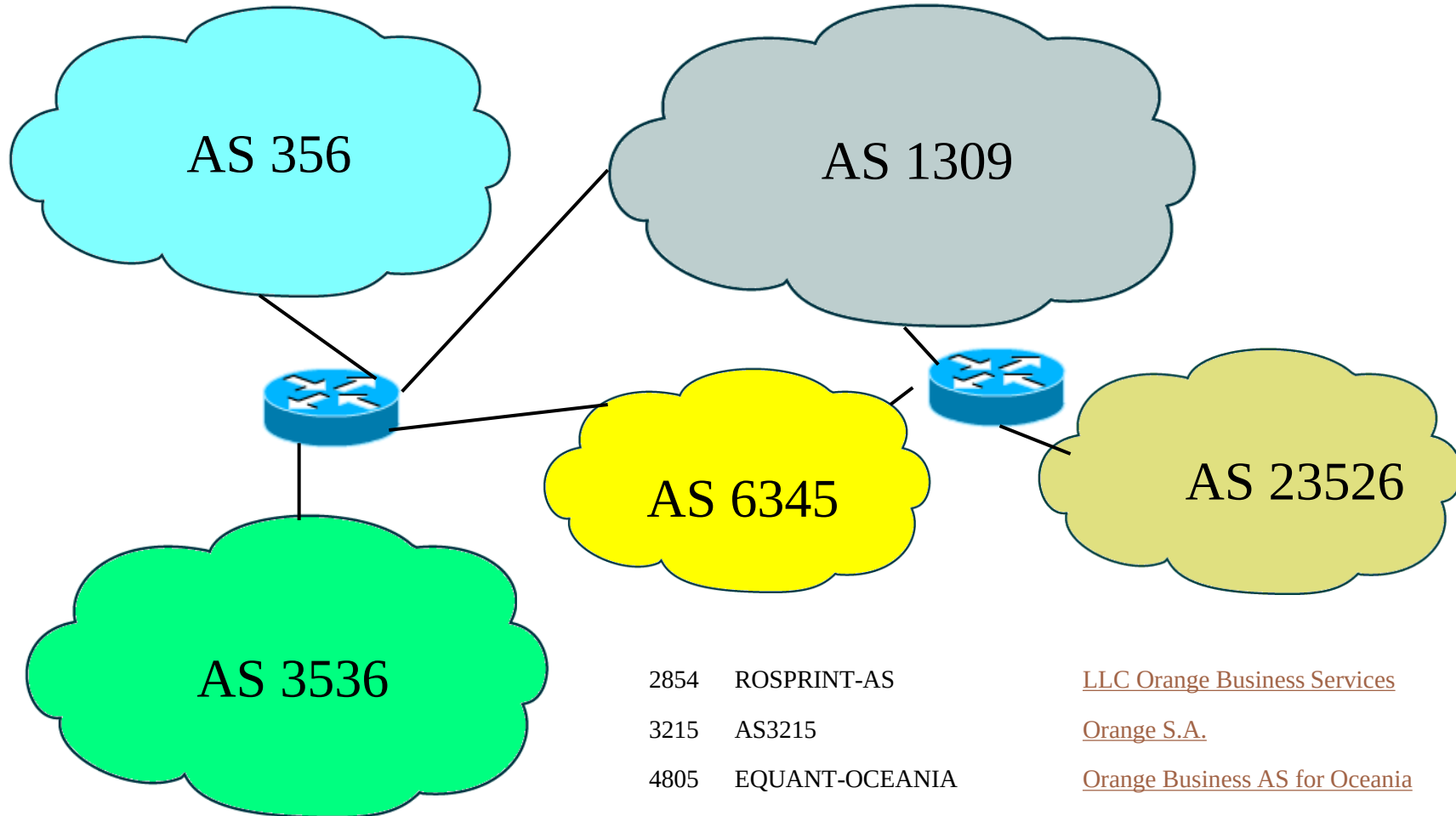
Internet (1)

Définition d'Internet donné par wikipédia (en 2022)

❑ **Internet** est le réseau informatique mondial accessible au public. C'est **un réseau de réseaux**, à commutation de paquets, sans centre névralgique, composé **de millions de réseaux aussi bien publics que privés**, universitaires, commerciaux et gouvernementaux, eux-mêmes regroupés, en 2019, en 91 000 **réseaux autonomes (AS)**.

❑ **L'information** est transmise par internet grâce à un ensemble standardisé de protocoles de transfert de données, qui permet l'élaboration d'applications et de services variés comme le courrier électronique, la messagerie instantanée, le pair-à-pair et le World Wide Web.

Internet (2)



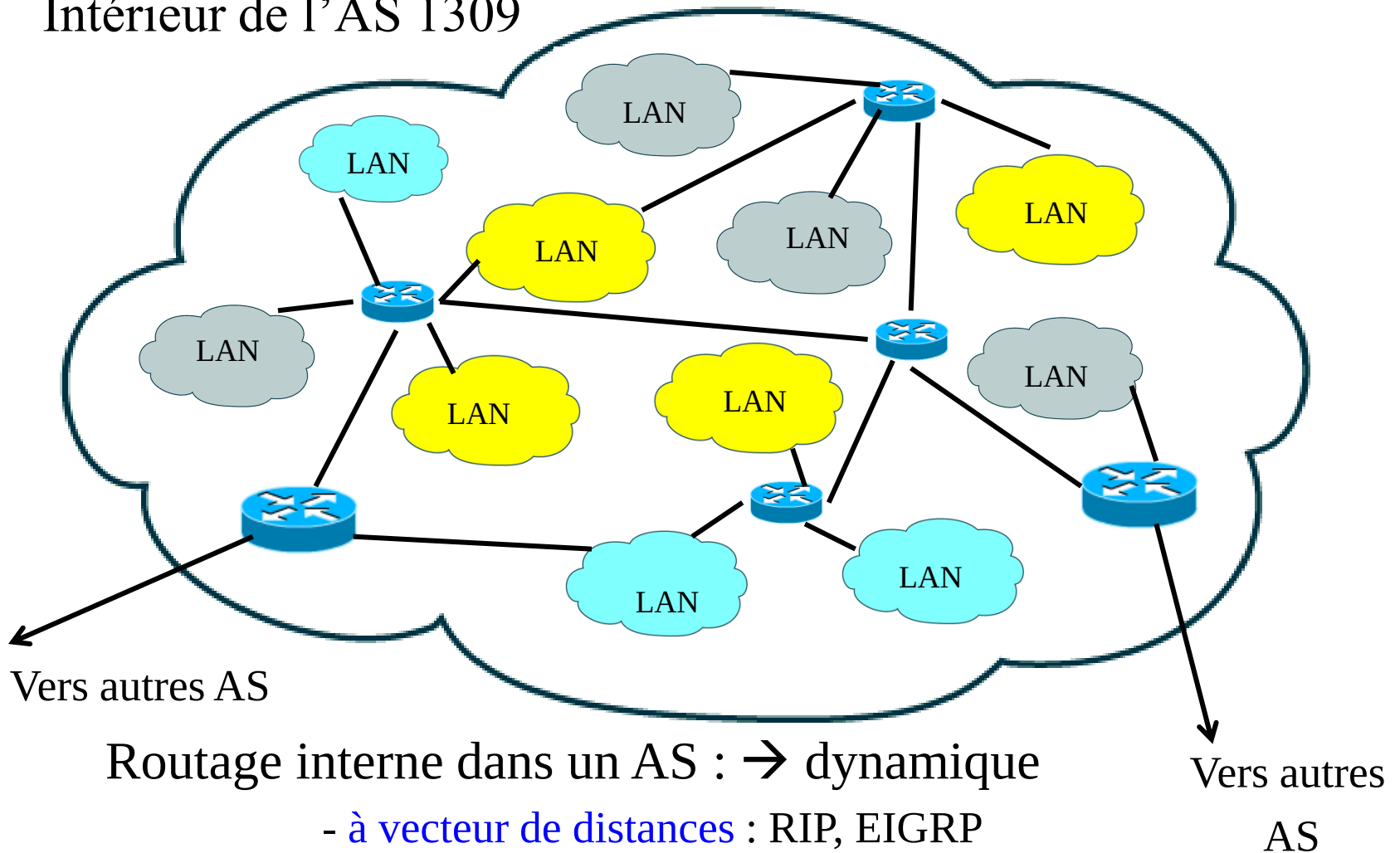
Routage entre AS : **BGP**

en 2019 : 91 000 AS utilisés

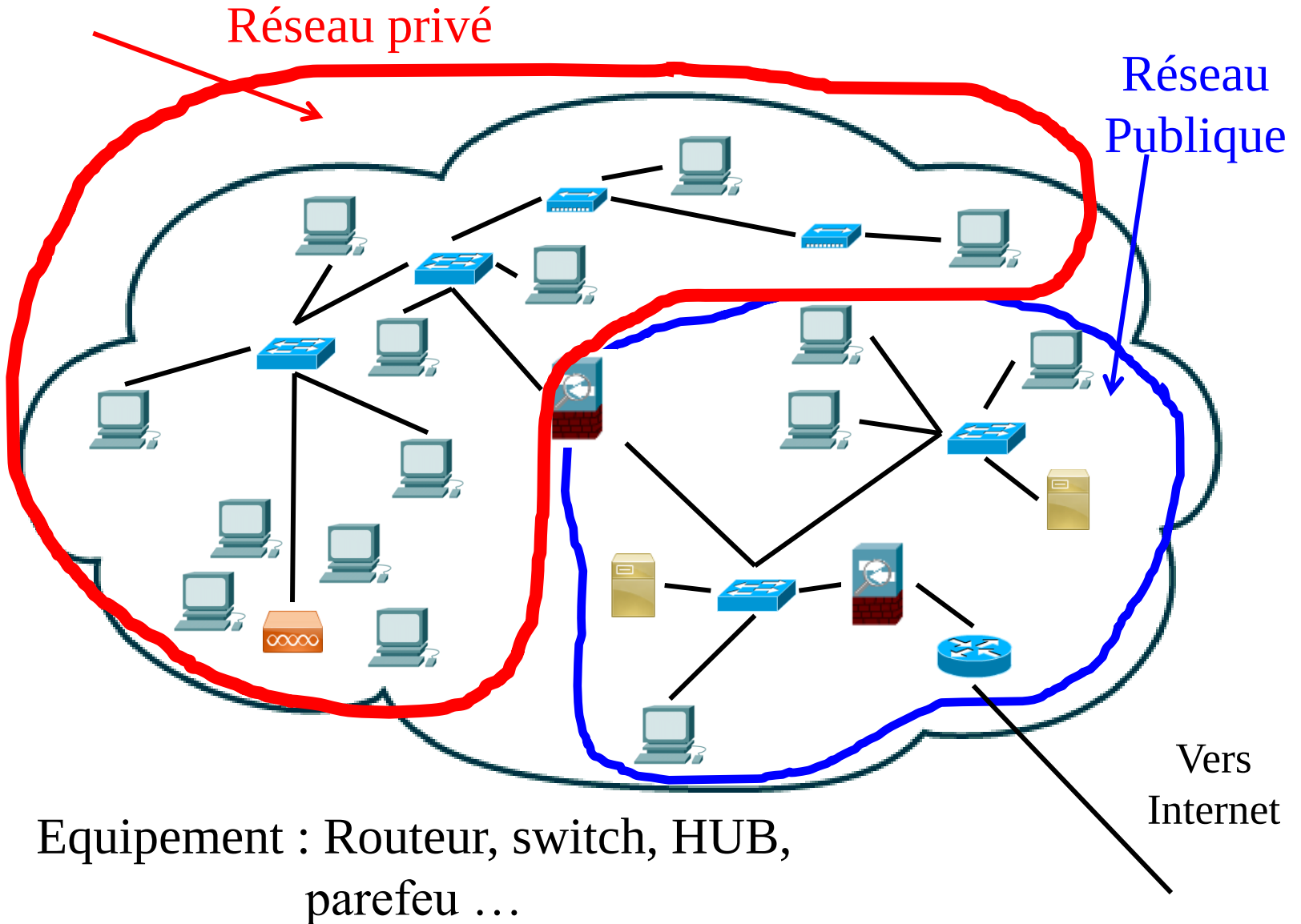
2854	ROSPRINT-AS	LLC Orange Business Services
3215	AS3215	Orange S.A.
4805	EQUANT-OCEANIA	Orange Business AS for Oceania
4861	GLOBAL-IP-KOREA-AS-AP	Orange Business
3256	UNSPECIFIED	Renater
4862	EQUANT-ASIA	Orange Business AS for Asia

Internet (3)

Intérieur de l'AS 1309



Internet (3)



Critère pour un réseau

Etendue géographique

- ◆ PAN, LAN, MAN , WAN
- ◆ WPAN, WLAN, WMAN, WWAN

Type

- ◆ réseau privé
- ◆ réseau public

Différentes topologies physiques

- ◆ Anneau, en étoile, étoile étendue...
- ◆ Réseau maillé, hiérarchique,...

Équipement d'un réseau



Couche Physique :

- Modem, carte CSU/DSU (channel service Unit/ Data Service Unit)
- Répéteur
- Concentrateur (HUB) ou répéteur multiport



Couche Liaison de données

- NIC (Network Interface Card) == carte réseau
- Pont
- **Commutateur (switch)** ou Pont multiport



Couche Réseau

- **Routeur**, commutateur multi-couches (layer3), Parefeu



Couche Application

- Passerelle, Proxy, serveurs, **équipement sécurité réseau**

Commutation (1)



But :

- Relier les différents abonnés entre eux en minimisant les coûts
 - > Partage des ressources



Commutation de circuits.

- Création d'un lien physique par juxtaposition de différents supports physiques afin de constituer une liaison de bout en bout entre le destinataire et la source
 - Connexion réalisée avant l'échange d'information
 - Libération à la fin de la connexion
 - ◆ Pas de stockage intermédiaire
 - ◆ Des ressources sont mobilisées
 - ◆ Régulation faite à la connexion

Etablissement d'un circuit virtuel

Commutation (2)



Commutation de messages.

- Pas de lien physique entre le destinataire et la source
- Chaque bloc d'informations (message) constitue une unité de transfert acheminée individuellement par le réseau
- Le message est mémorisé à chaque nœud
 - ◆ Utilisation d'une mémoire importante
 - ◆ Meilleure utilisation des lignes
 - ◆ Transfert même si le correspondant est occupé
 - ◆ Multicast possible



Commutation de paquets.

- Les messages sont découpés en paquet de longueur maximale fixe
- Le séquençement des paquets n'est pas garanti
 - ◆ Réassemblage des paquets
 - ◆ Meilleure utilisation des lignes

Mécanismes mis en œuvre dans un réseau (1)

✧ L'adressage

- ✧ Identification sans ambiguïté d'une machine

- ♦ Adressage à plat ou global
- ♦ Adressage hiérarchique (réseau, pt d'accès, identifiant)

Exemple : adresse IP, adresse ATM, n° téléphone,...

✧ Découpage des données

- ✧ Fragmentation des données pour être en adéquation avec les protocoles transmettant les données

Chaque réseau a une taille maximale au niveau paquet:

MTU : Maximum Transfert Unit

Exemple : Arpanet : 1000 octets

Ethernet : 1500 octets

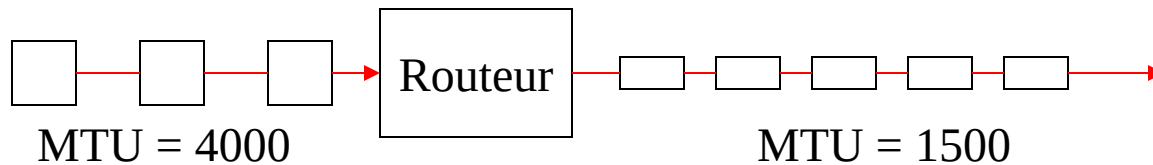
FDDI : 4470 octets



Travail du routeur

Mécanismes mis en œuvre dans un réseau (2)

Exemple découpage des données en IP (Fragmentation IP)



16 bits		16 bits	3 bits	13 bits	8 bits	...
...	Longueur totale	Identification	Flag	Position du fragment	ttl	...

Flag : bit 1 : non utilisé
bit 2 : indique si le paquet peut être fragmenté
bit 3 : dernier fragment (0), fragment autre (1)

Identification : n° attribué à chaque fragment afin de permettre leur réassemblage

Position fragment : position du début du fragment

Un paquet fragmenté n'est jamais réassemblé sauf par le destinataire

Mécanismes mis en œuvre dans un réseau (3)

✦ Le routage

- ✦ Mise en œuvre de protocoles de routage (RIP, OSPF, BGP,...)
- ✦ Implémentation manuelle des routes

✦ La congestion

- ✦ Mise en œuvre de méthodes de contrôle de flux
→ exemple dans TCP, frame relay,...

✦ La sécurité

- ✦ Politique de sécurité, chiffrement, certificat ...



Protocoles hauts débits ou Réseaux Locaux Industriels



(Autre que Ethernet ou Wifi..... Cf. cours réseau)



DQDB : IEEE 802.6 (1)

-----■-----■-----■-----■-----■-----■-----■-----■-----■-----■-----■-----
DQDB : Distributed Queue Dual Bus

→ objectif : être un réseau MAN

→ débit : 160 MB/s sur fibre optique

Caractéristiques :

- Technologie en double bus et de sens inverse
- Chaque station est raccordée en parallèle sur chacun des deux bus
- A chaque extrémité d'un bus, une "tête de bus" qui émet régulièrement des trames/cellules vides
- Chaque trame est composée de 53 octets.
- Possibilité d'avoir des communications :
 - en mode connecté/ non connecté
 - en mode asynchrone/ isochrone

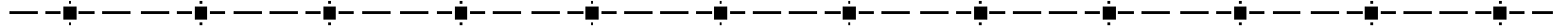
Fin de bus

The diagram illustrates a three-station bus network topology. It features two horizontal bus lines: a top bus with an arrow pointing left and a bottom bus with an arrow pointing right. Three stations are positioned between these buses. Each station consists of a computer icon (monitor, system unit, keyboard, and mouse) and is connected to both the top and bottom buses by a pair of vertical arrows (one pointing down/up and one pointing up/down). The stations are labeled as follows: the leftmost station is labeled 'Station i+1' above and 'Station i-1' below; the middle station is labeled 'Station i' above and 'Station i' below; and the rightmost station is labeled 'Station i-1' above and 'Station i+1' below. On the far left and right ends of the bus lines, there are colored squares representing terminators: a brown square at the top-left and a yellow square at the bottom-left on the left end; and a yellow square at the top-right and a brown square at the bottom-right on the right end.

Fin de bus

15

DQDB : Accès au médium (1)



But : Réserver une trame par l'intermédiaire du bus B pour émettre sur le bus A.

Chaque station a 4 compteurs :

- 2 Request Counter (RC)
- 2 Countdown Counter (CD)



Un pour chaque bus

RC : compte le nombre de requêtes venant des autres stations

➡ nb de cellules vides à laisser passer

2 bits importants dans l'entête :

- Bit **Busy** : cellule vide ou pleine
- Bit **Rsvd** : cellule déjà réservée ou non

DQDB : Accès au médium (2)

Exemple : Station x veut émettre sur le bus A

- Sur le bus B,
 - première trame dont rsvd= 0, alors rsvd <- 1
 - recopie RC dans CD
 - remise à zéro de RC
- Sur le bus A,
 - Si CD=0, et trame vide, alors on émet
sinon si trame vide, $CD = CD - 1$

Autre station :

A chaque requête sur le bus B, $RC = RC + 1$

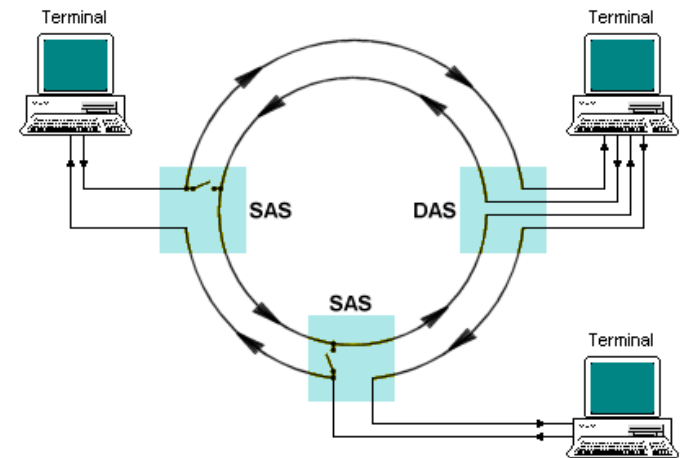
A chaque cellule vide sur le bus A, $RC = RC - 1$

FDDI (1)

✦ Fiber Distributed Data Interface

- ◆ Normalisé par l'ISO : 9314
- ◆ Double anneau contra-rotatif, en fibre optique multimode
- ◆ Débit 100 Mbps sur une distance de 100 km.
- ◆ Utilisation trafic synchrone et asynchrone

- ◆ 2 sortes d'équipement
 - SAS : Single Attachment Station
 - DAS : Dual Attachment Station



- ◆ Utilisation d'un jeton (proche de la norme 802.5)

FDDI (2)

✦ Jeton temporisé

- ◆ TTRT : Target Token Rotation Time
 - Temps maximum pour recevoir le jeton
 - Discuter à l'initialisation du réseau-> choix du plus petit
- ◆ TRT : Token Rotation Timer
- ◆ THT : Token Holding Timer

Algo : Quand jeton libéré, $TRT \leftarrow TTRT$

- si jeton arrive et $TRT > 0$, alors $THT \leftarrow TRT$
émission asynchrone tant que $THT > 0$ puis synchrone
- si jeton arrive et $TRT < 0$, alors émission synchrone seulement

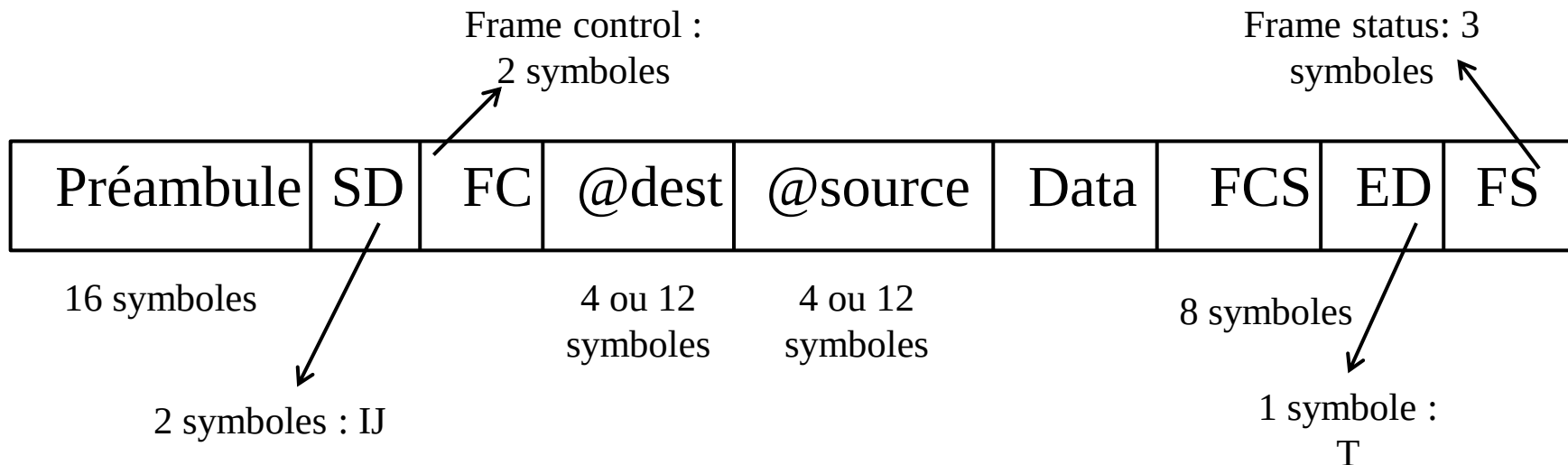
FDDI (3)

✦ Codage utilisé 4B/5B

◆ 32 combinaisons

- 16 pour les datas
- 4 délimiteurs trames
- 2 signalisations logicielles
- 2 signalisations matérielles

• Symbole I : 11111 J : 11000 K : 10001 L : 00101 T : 01101



ATM (1)

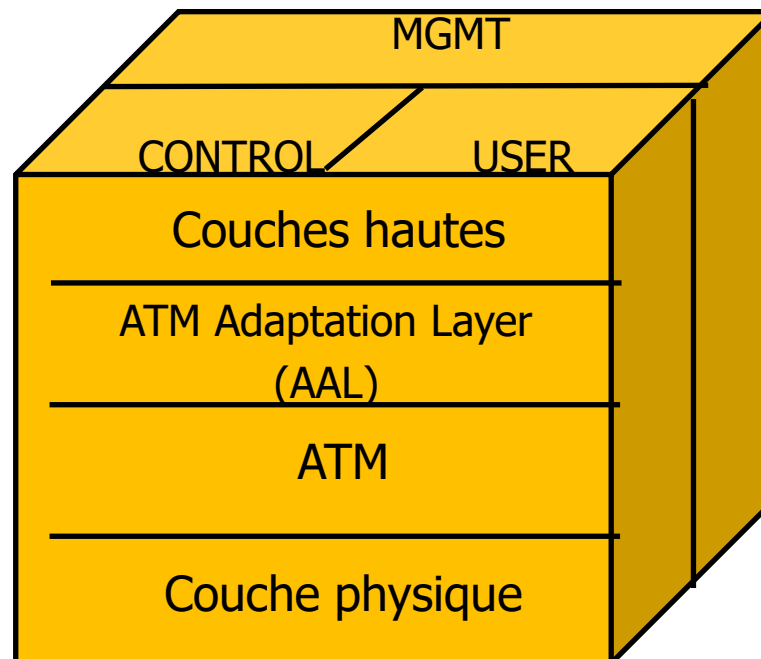
✦ ATM (Asynchronous Transfert Mode)

- ✦ Proposé par France Télécom en 1982
- ✦ Très fort débit possible
- ✦ Allocation flexible de BP
- ✦ Intégration des contraintes de temps
- ✦ Tous les flux possibles (video, audio, VoIP, mail,...)
- ✦ Bi-directionnel
- ✦ Mixage entre communication circuit et commutation paquet

ATM (2)

◆ Protocole RNIS –large-bande

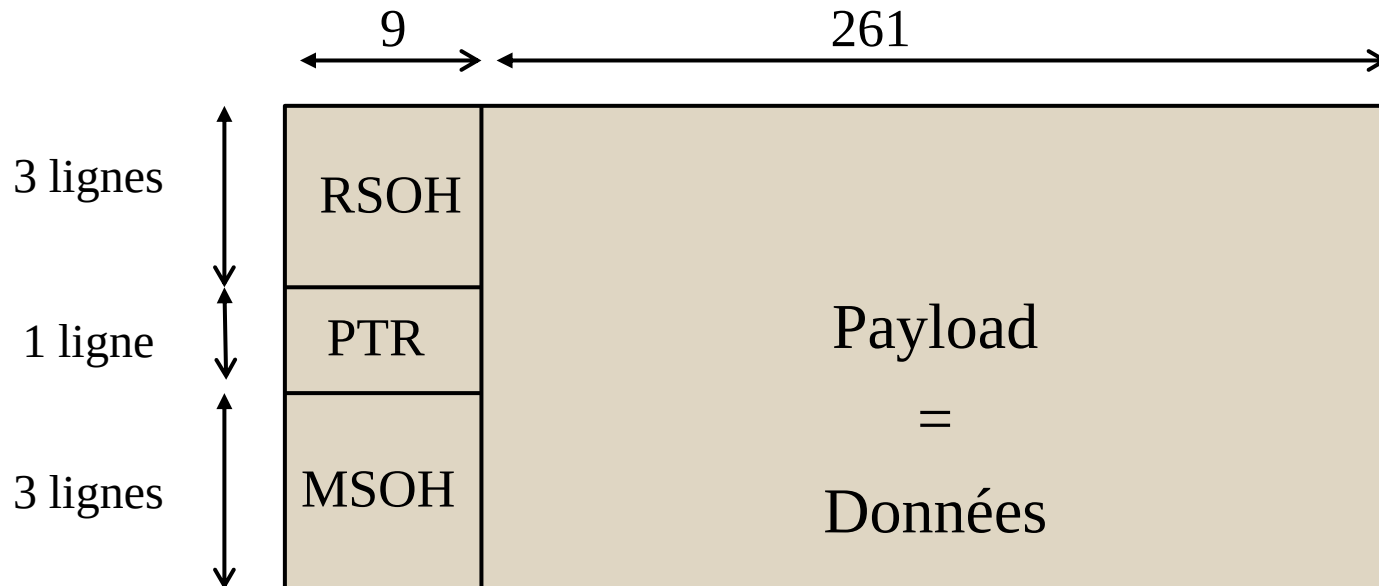
- Utilisation des fibres optiques pour la couche physique
 - ◆ SONET (Synchronous Optical NETwork) → USA
 - ◆ SDH (Synchronous Digital Hierarchy) → Europe



SONET/SDH

✦ Basé sur le TDM (Time Division Multiplexing)

- ◆ STM-1 ou OC-3 ➔ 155 Mb/s
- ◆ STM-4 ou OC-12 ➔ 622 Mb/s
- ◆ Pour SDH, 9*270 octets , mais 8000 fois/s ➔ 155Mb/s



Regenerator ou Multiplex SOH : Section Overhead

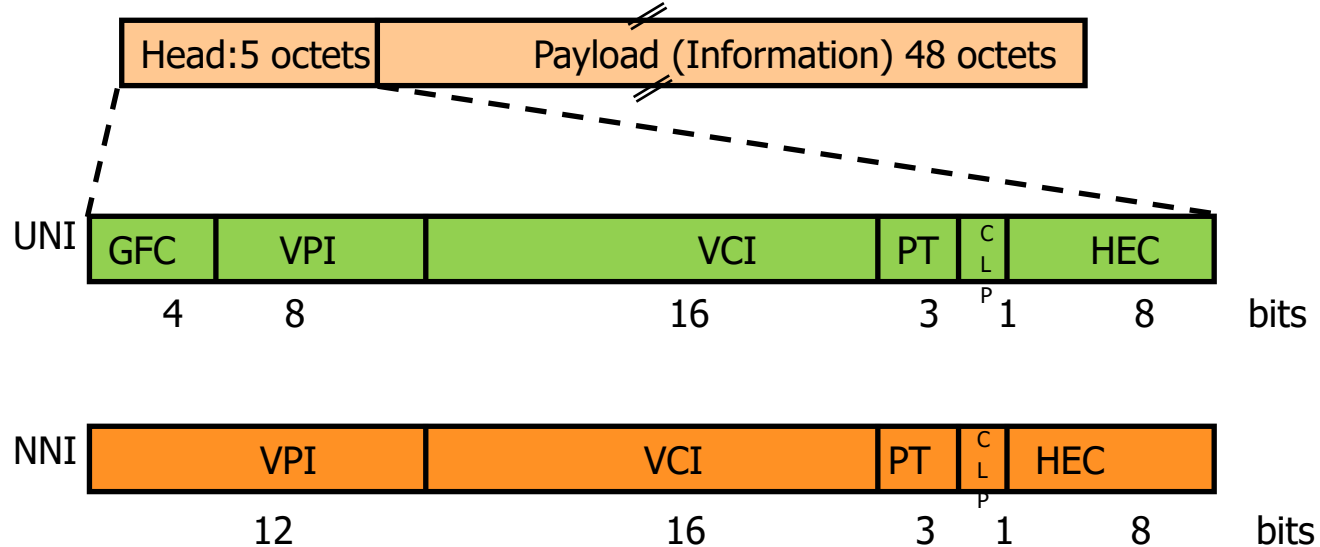
PTR : Pointeur

ATM (3)

✦ Fonctionnement ATM

- ◆ ATM est orienté connexion
- ◆ ATM utilise de petits paquets (**cellule**) de **53 octets**
 - Header de 5 octets, payload de 48 octets
 - Avantage : pas de perte de temps dans les commutateurs
- ◆ Après la connexion, utilisation d'un CV (circuit virtuel)
 - Identification : **VCN - Virtual Circuit Number**
 - ◆ $VCN = VPI + VCI$
 - ◆ VPI : Virtual Path identifier
 - ◆ VCI : Virtual Channel identifier

ATM (4)



GFC : Generic Flow Control (non utilisé actuellement (0000))

VPI : Virtual Path Identifier

VCI : Virtual Circuit Identifier

PT : Payload Type (nature des données transportées)

000 – 011 =user data

100 et 101 -> cellule pour la maintenance...

CLP : Cell Loss Priority (0 ou 1 pour congestion ou non)

HEC : Header error Check

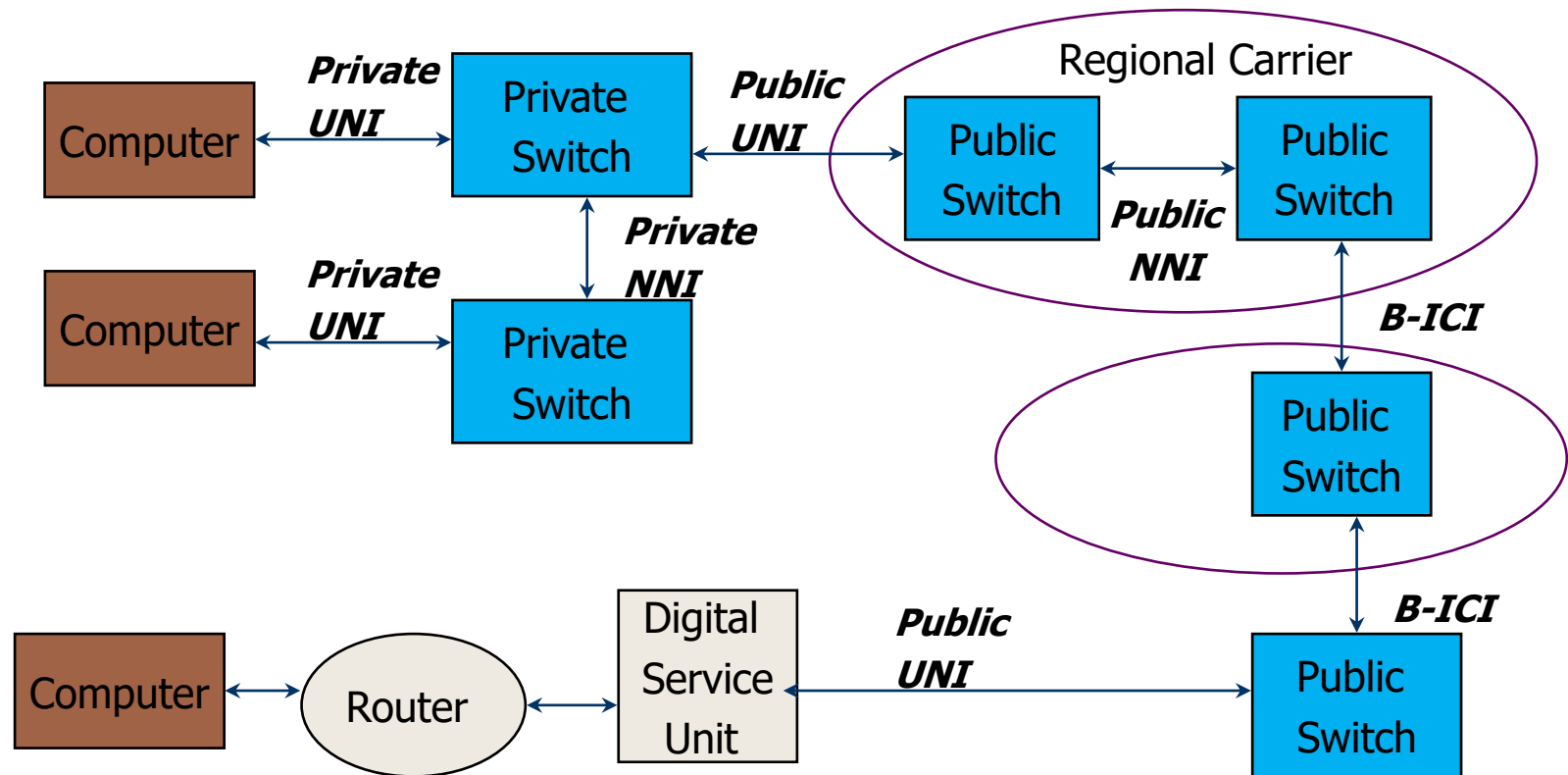
UNI : User Network Interface

NNI : Network-Network Interface

ATM (5)

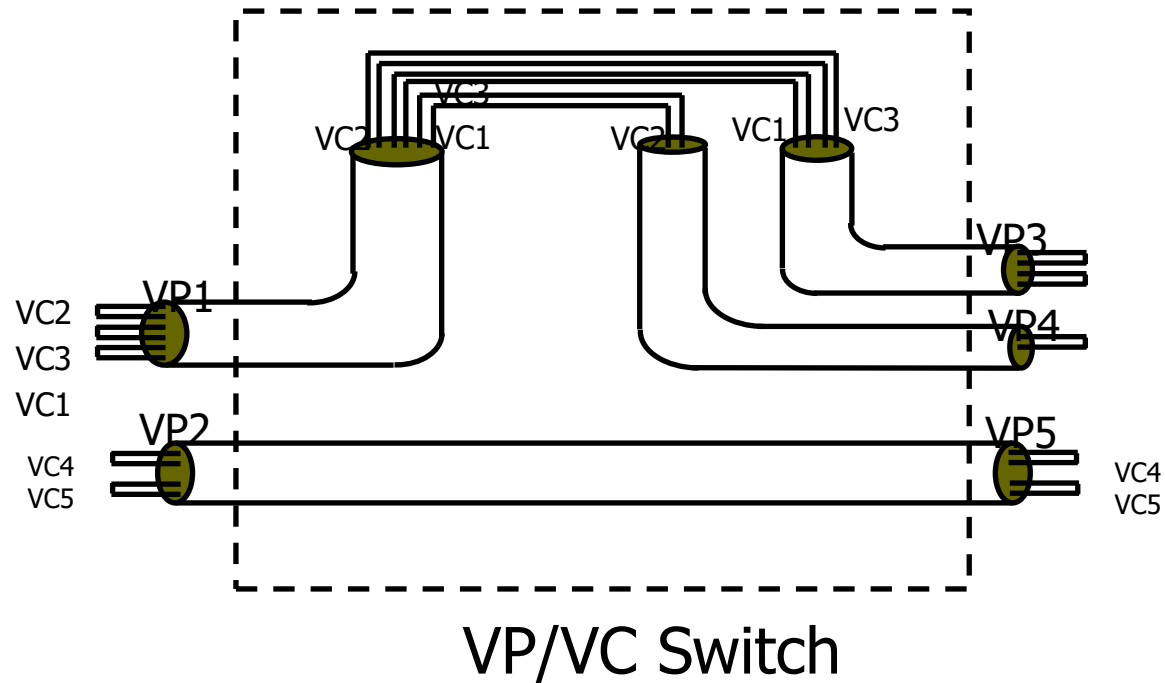
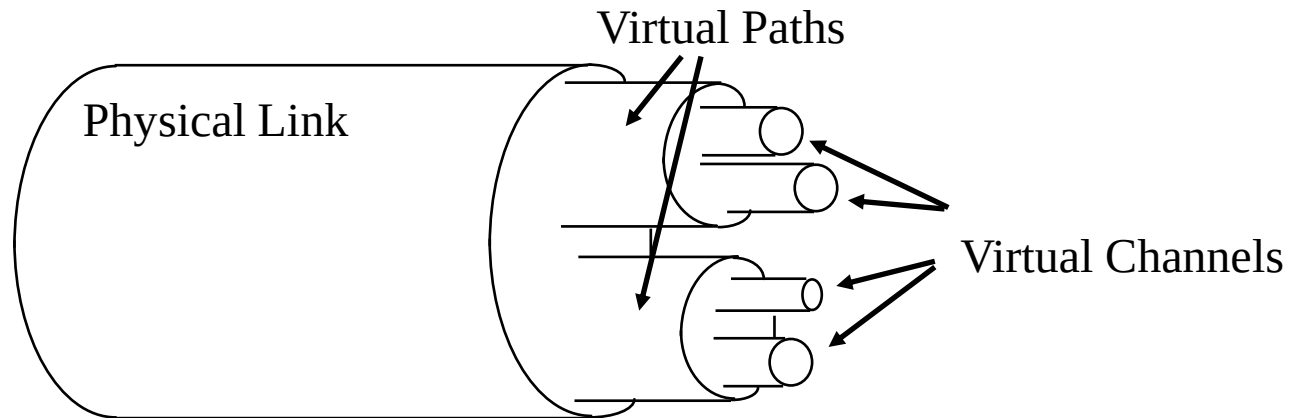
✦ ATM est un réseau hiérarchique

- ◆ UNI : entre équipement et réseau
- ◆ NNI : entre réseaux



B-ICI : Broadband Inter-Carrier Interface

Switch ATM



Service ATM

✧ CBR : Constant Bit Rate

- ◆ Liaison fixe (ADSL)

✧ rt-VBR : Real-time Variable Bit Rate

- Utilisation pour la vidéo conférence

✧ nrt-VBR : Non-Real-time Variable Bit Rate

- Utilisation pour les chats instantanés

✧ UBR : Unspecified Bit Rate

- Transfert de données

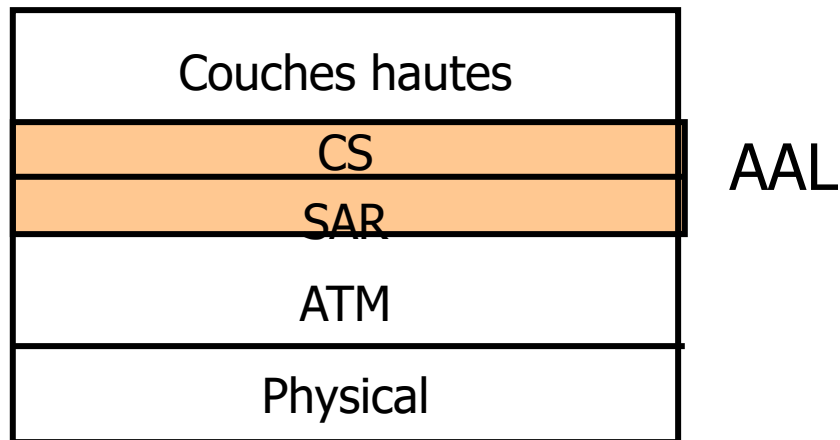
✧ ABR : Available Bit Rate

- Web

AAL (1)

✦ ATM Adaptation Layer

- Permet des services au-dessus d'ATM
- Permet la segmentation et le réassemblage des données (SAR)
- Identification des messages
- Remise à l'heure



SAR : Segmentation and Reassembly

CS : Convergence Sublayer

AAL (2)

-
- ✧ AAL1 : CBR, application vidéo et audio à débit constant
 - ✧ AAL2 : VBR, application vidéo et audio à débit variable
 - ✧ AAL3/4 : transfert des données
 - ✧ AAL5 : transfert des données plus simple que AAL 3/4
(très utilisé -> PPPOA)

 - ✧ AAL5 : MTU 9180 octets
 - ◆ Ip au-dessus de AAL5
 - Division en paquet de 48 octets
 - Rajout d'un en-queue de 8 octets
 - Bourrage si nécessaire pour avoir multiple de 48 octets
 - Dernier paquet à un identifiant particulier

SCADA (1)

✦ Supervisory Control And Data Acquisition

Système de télégestion à grande échelle permettant de traiter en temps réel un grand nombre de télémesures et de contrôler à distance des installations techniques.

◆ Supervision

- Via des opérateurs, des ingénieurs, ... des humains

◆ Contrôle

- Télémétrie, Monitoring

◆ Acquisition

- Capteurs analogiques, digitals

◆ Communication

- Remontées des informations, des alarmes, etc...

ICS : Industrial Control System

SCADA (2)

✦ Vocabulaire

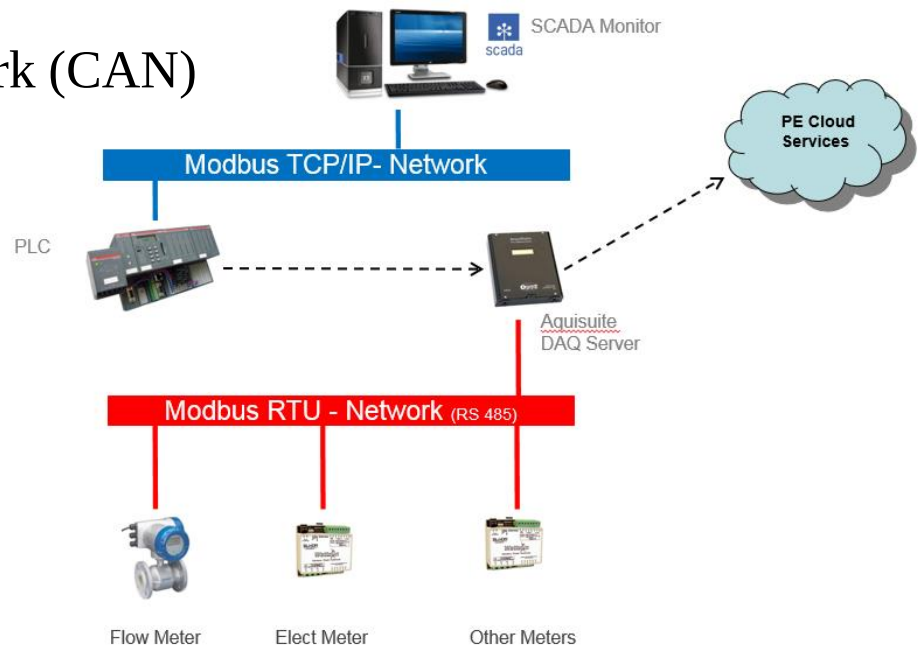
- ✦ SCADA est composé de nombreux **RTU** reliés entre eux par un système de communication et reliés à des **PLCs**, visualisation des infos via une **HMI** (Human Machine Interface)
- ✦ *RTU* : Remote Telemetry Unit
 - Système d'acquisition et de contrôle
 - Récupère et envoie les données ou des alarmes
 - Equipement maitre/esclave
- ✦ *PLC* (Programmable Logic Controller)
 - Gère les RTU et envoie des infos retravaillées au système SCADA

SCADA (3)

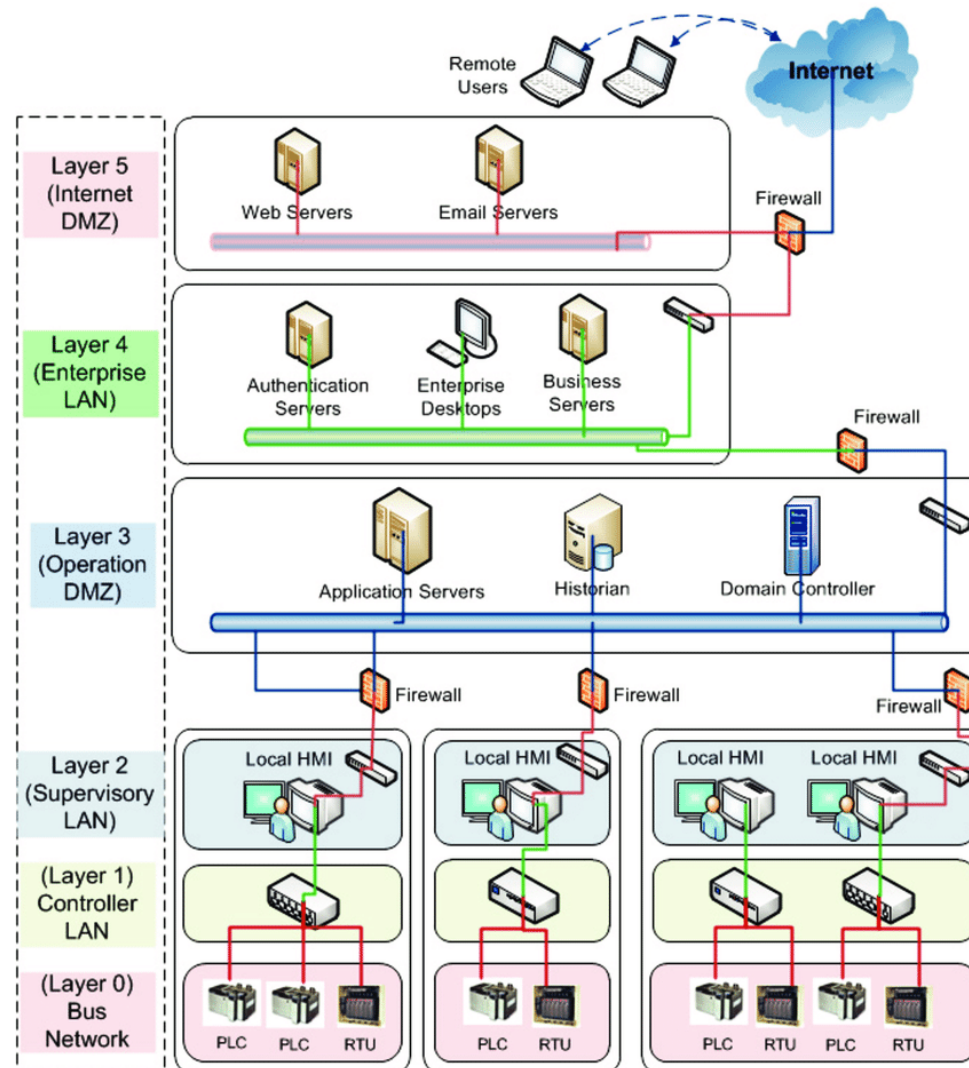
✦ Vocabulaire

✦ Communication -> Bus de terrain. (**RLI** : Réseaux Locaux Industriels)

- Modbus
- Fieldbus, Profibus
- Controller Area Network (CAN)
- Etc...



SCADA - Enterprise

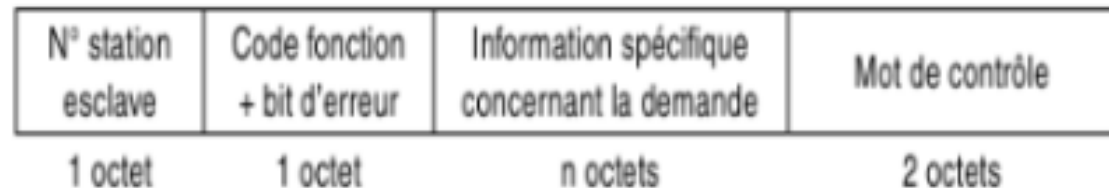


Modbus (1)

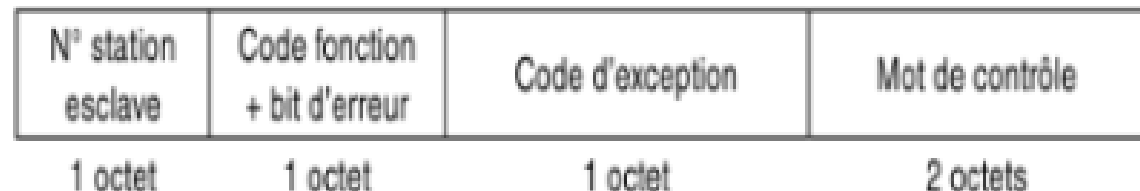
- ✧ Réseau couche 1,2 et 7
- ✧ Utilisation Maître/Esclave
 - ◆ Le dialogue entre esclave est interdit
 - ◆ Modbus ou Modbus TCP sur port 502
- ✧ Jusqu'à 247 périphériques
 - ◆ Un esclave = 1 adresse unique physique sur 1 octet

✧ Trames :

- ◆ questions.



- ◆ Erreurs:



ModBus (2)

✦ Modbus -> fiable

◆ CRC sur 16 bits.

✦ Code fonction

Code	Nature des fonctions MODBUS	TSX 37
H'01'	Lecture de n bits de sortie consécutifs	*
H'02'	Lecture de n bits de sortie consécutifs	*
H'03'	Lecture de n mots de sortie consécutifs	*
H'04'	Lecture de n mots consécutifs d'entrée	*
H'05'	Ecriture de 1 bit de sortie	*
H'06'	Ecriture de 1 mot de sortie	*
H'07'	Lecture du statut d'exception	
H'08'	Accès aux compteurs de diagnostic	
H'09'	Téléchargement, télé déchargement et mode de marche	
H'0A'	Demande de CR de fonctionnement	
H'0B'	Lecture du compteur d'événements	*
H'0C'	Lecture des événements de connexion	*
H'0D'	Téléchargement, télé déchargement et mode de marche	
H'0E'	Demande de CR de fonctionnement	
H'0F'	Ecriture de n bits de sortie	*
H'10'	Ecriture de n mots de sortie	*
H'11'	Lecture d'identification	*
H'12'	Téléchargement, télé déchargement et mode de marche	
H'13'	Reset de l'esclave après erreur non recouverte	

✦ Sécurité → ??

➡ stuxnet

Controller Area Network

✧ Réseau couche 1,2 et 7

✧ Utilisation Maître/Esclave

◆ Méthode d'accès CSMA/CR (Collision Resolution)

✧ Codage NRZ

◆ Bit dominant : 0

◆ Bit récessif : 1

Field name	Length (bits)	Purpose
Start-of-frame	1	Début de trame (dominant)
Identifier	11	Identifiant unique pour la donnée
Remote transmission request (RTR)	1	Dominant pour une donnée, récessif pour une requête
Reserved bit (r0)	1	Bit de reserve (par défaut dominant, mais peut être aussi récessif)
Data length code (DLC)	4	Longueur des données en octets
Data field	0-8 bytes	données
CRC	15	Cyclic redundancy check
CRC delimiter	1	Must be recessive (1)
ACK slot	1	l'émetteur met en récessif, celui qui reçoit en dominant
ACK delimiter	1	Must be recessive (1)
End-of-frame (EOF)	7	Must be recessive (1)

◆ Utilisation du bit stuffing (après 5 bits)

◆ Si problème, 6 bits dominants consécutifs