Le Réseau

Communiquer
sur Internet

Le monde est connecté

P. Laurençot

Plan général

1. **Rappel sur le modèle de référence et les couches basses du modèle**
   - TP : Mise en place d'un réseau
2. **Le routage IP, la couche transport**
   - TP : IP et Implémentation du routage IP
3. **Les couches hautes**
   - TP : Routage dynamique et fiabilité
4. **Programmation sur les sockets**
   - TP : les sockets
5. **Sécurisation d'un réseau**
   - TP : DNS et sécurité réseau

Introduction

Introduction

- Interconnexion des ordinateurs
  - **Transfert d'informations**
    - Une source
    - Un ou plusieurs destinataires
    - Utilisant un canal de transmission (câble, air, …)
    - Respectant **des protocoles de communication (règles)**
  - **Besoins**
    - parce que l'information est sur un système et son utilisation sur un autre (le web, le streaming, les flux RSS, les wikis, la domotique, IOT, ….)
    - Pour partager l'information entre plusieurs personnes (blog, mail, jeux en réseau, communauté, …)
    - Pour communiquer rapidement entre différentes personnes (messagerie instantanée, Voix sur IP, outils collaboratifs…)
    - Et aussi parce qu'il est nécessaire de copier l'information par sécurité (réplication, haute disponibilité,…)

Problèmes/solution

Une information doit aller d'un point A vers un point B sans déformation.

- Problèmes à résoudre pour cet objectif
  - Transmettre le signal de médiums en médiums
  - Trouver le système destinataire et acheminer les données
  - Coder des chaînes de bits transmis
  - Livrer l'information transmise au bon processus
  - Interpréter correctement les chaînes de bits transmis
  - et de nombreux autres problèmes ...

➡ **Création de couches protocolaires normalisées**

Organismes de normalisation

ISO	International Standard Organisation membres : ANSI, AFNOR, BSI...	www.iso.ch
IEC	International Electrotechnical Commision	www.iec.ch
ITU	International Telecommunication Union	www.itu.int
CENELEC	Comité Européen pour la Normalisation en ELECtrotechnique	www.cenelec.org
ECMA	European Computer Manufacturers Association	www.ecma.ch
EIA	Electronic Industries Alliance	www.eia.org
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers	www.ieee.org
IETF	Internet Engineering Task Force	www.ietf.org
W3C	World Wide Web Consortium	www.w3.org

RFC traduites en français : `abcdrfc.free.fr`

Les couches de l'OSI (1)

7	Application *Application*	échanges de données d'application (selon l'application)
6	Présentation *Presentation*	mise en forme des données pour la transmission
5	Session *Session*	synchronisation de la communication entre processus
4	Transport *Transport*	transfert de blocs d'octets entre processus
3	Réseau *Network*	transfert de blocs d'octets entre systèmes distants (pas forcément sur le même réseau physique)
2	Liaison de données *Data Link*	transfert fiable de blocs d'octets entre systèmes situé sur le même réseau physique
1	Physique *Physical*	transfert physique de bits entre systèmes raccordés au même médium

Les couches de l'OSI (1 bis)

7	Application *Application*	échanges de données d'application (selon l'application)
6	Présentation *Presentation*	mise en forme des données pour la transmission
5	Session *Session*	synchronisation de la communication entre processus
4	Transport *Transport*	transfert de blocs d'octets entre processus
3	Réseau *Network*	transfert de blocs d'octets entre systèmes distants (pas forcément sur le même réseau physique)
LLC	Contrôle de lien logique *Logical Link Control*	Couche de transition entre la couche MAC et la couche 3
MAC	Contrôle d'accès au médium *Medium Access Control*	transfert de bits entre systèmes raccordés au même support physique , avec contrôle du droit d'émission
1	Physique *Physical*	transfert physique de bits entre systèmes raccordés au même médium

Les couches de TCP/IP

Application	échanges de données d'application (selon l'application) mise en forme de données échangées synchronisation de processus distants
Transport	transfert de blocs d'octets entre processus
Internet	transfert de blocs d'octets entre systèmes distants (pas forcément raccordés au même médium)

Accès Réseau	transfert fiable de blocs d'octets entre systèmes raccordés sur le même réseau et transmission physique

La couche 1 de l'OSI

Couche Physique

- Description des moyens physiques de transmission (spécification des connecteurs, des tensions,…)
- Transmission de blocs de bits codés en signaux physiques sur un médium
- Notion de bande passante → débit (b/s)

débit idéal > débit réel

car
- topologie du réseau
- nb d'utilisateurs sur le réseau
- équipements d'inter-réseau
- …

- *Equipement utilisé* : Répéteur, concentrateur actif ou passif (HUB), modem (téléphonique, DSL, câble), cartes réseaux

La couche 2 de l'OSI

Couche Liaison de Données

- Transfert de blocs d'octets entre 2 systèmes raccordés **au même réseau,** dans des **trames**

- Transfert dans le bon ordre et sans multiplication
- Détection/ Correction d'erreurs
- Régulation de flux

- *Equipement utilisé* : Commutateur (Switch)

  Carte NIC - Network Interface Card – (carte réseau)

  - choix selon :
    - type de média connecté (cuivre, fibre optique, sans fil)
    - protocole utilisé
    - type de bus interne au système (ISA, PCI,PCI express…)

La couche 3 et 4 de l'OSI

Couche Réseau

- Transfert de blocs **d'octets entre réseaux différents**, par l'intermédiaire de routeurs, dans des **paquets**

- Calcul de route(s)
- Contrôle de flux, gestion des ressources du réseau
- Problème d'interconnexion des réseaux
- Appellation (adressage logique)

- *Equipement utilisé* : routeur

Couche Transport

- Transmission de blocs d'octets entre processus, dans des **segments**
- Contrôle des pertes et duplications de segments, ainsi que de l'ordre de livraison des blocs d'octets

Les couches 5, 6 et 7 de l'OSI

Couche Session

- Organisation des échanges (qui parle en premier ?)
- Définition de points de reprise

Couche Présentation

- Mise en forme des données d'application, pour tenir compte des différences de codage des systèmes
- Chiffrement (si nécessaire)

Couche Application

- Services aux utilisateurs : Web, FTP, messagerie, jeux, …
- Supervision de processus industriels
- Supervision du réseau, des ordinateurs, ..
- Télé-travail,….

Le modèle de solution (1)

Selon le concept utilisateur-fournisseur

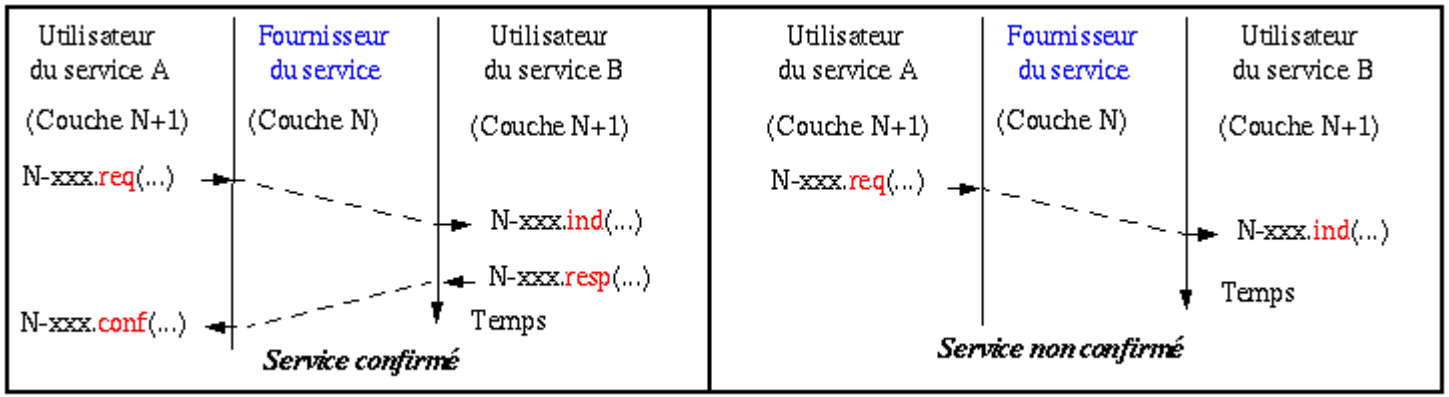
- Chaque couche fournit un Service à la couche supérieure
  elle est **fournisseu**r pour les couches supérieures
- Chaque couche utilise le Service d'une couche inférieure
  elle est **utilisateur** d'une ou plusieurs couches inférieures
- La manière selon laquelle fonctionne une couche (comment est réalisé le Service) peut être ignorée de ses utilisateurs
- Une couche connait seulement les interfaces avec la couche supérieure ou inférieure.

Les conséquences

- Comment utiliser le Service, connu des utilisateurs et du fournisseur
- Comment fonctionne le fournisseur de Service, connu du seul fournisseur

Le modèle de solution (2)

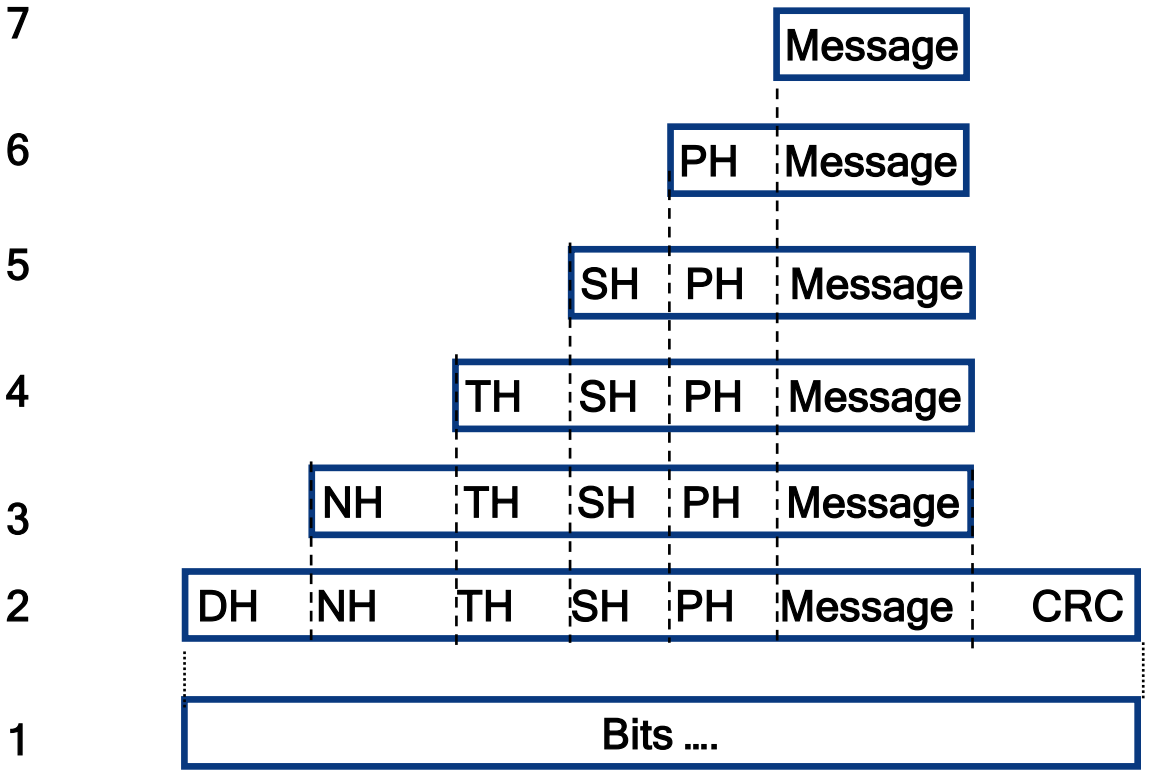
- Chaque couche utilise des primitives (de services)
  - Communication avec la couche supérieure ou inférieure
  - **4 primitives** de service entre les couches
    - Request (Req) demande de service
    - Indication (Ind) notification d'un événement
    - Response (Resp) Réponse à un événement
    - Confirmation (Conf) Réponse à une demande de service



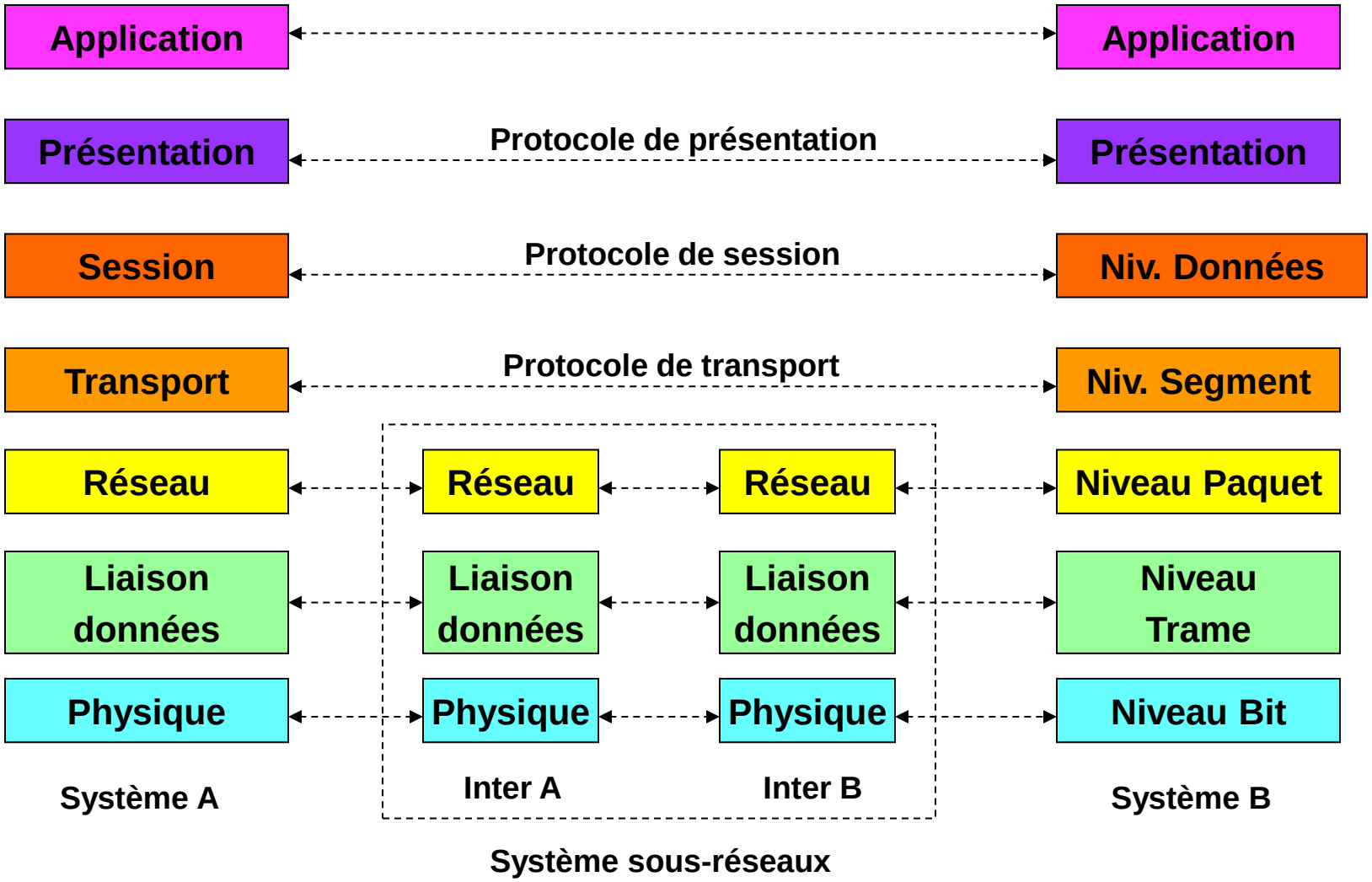
L'encapsulation

H=header

CRC= code correcteur

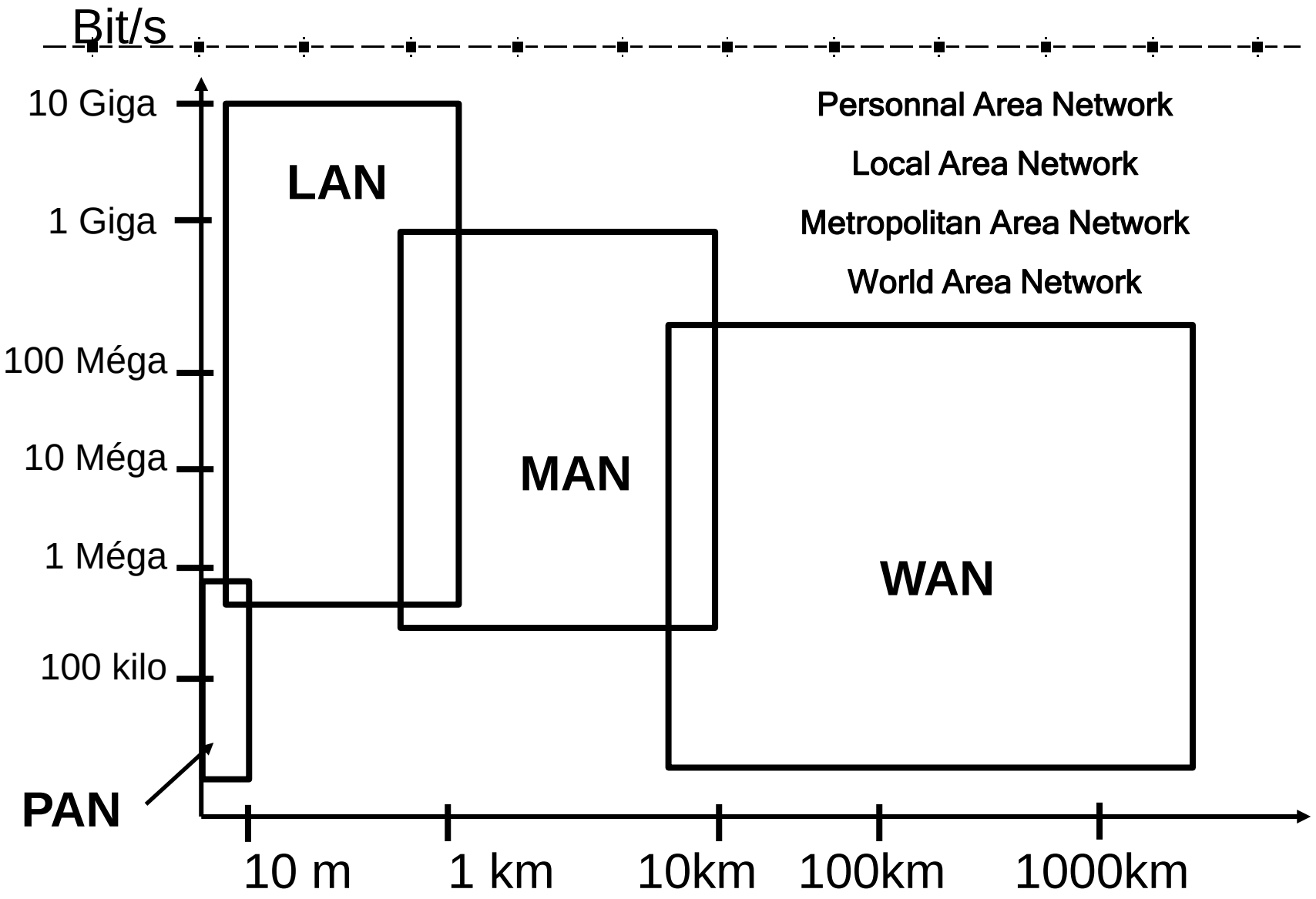


Les couches de l'OSI



Vocabulaire

Vocabulaire



Réseaux locaux (LAN)

Les réseaux locaux (LAN) sont conçus pour :

- Fonctionner dans une région géographique limitée
- Relier physiquement des équipements adjacents
- Permettre des accès multiples aux média à large bande
- Assurer un contrôle privé du réseau sous administration locale

Avec les équipements suivants :

Répéteur

Point Accès WIFI

Commutateur (Switch)

Pare-feu

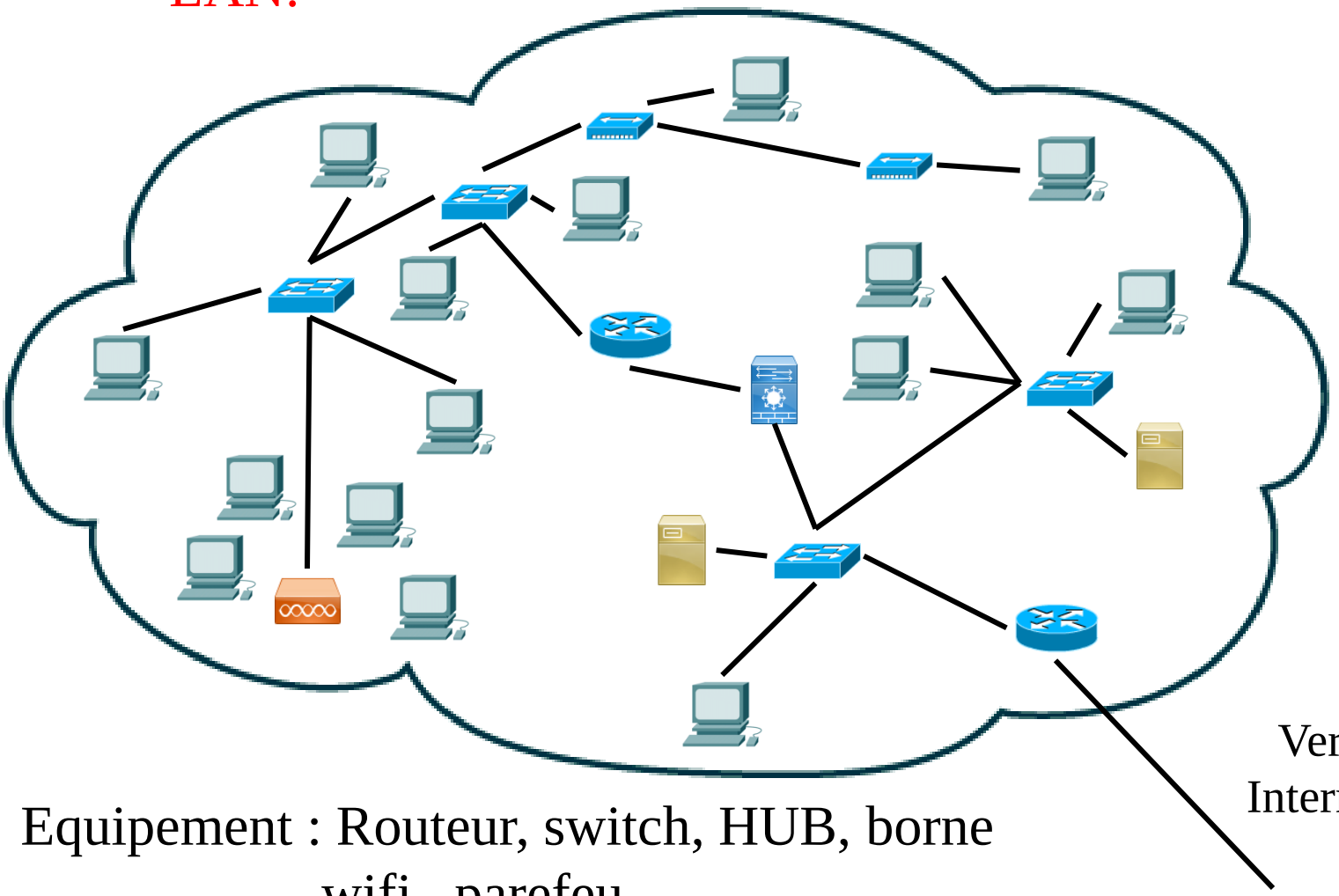
Routeur

Quelques protocoles courants :

Ethernet (10 MB, 100MB, Gigabit), Wifi, FDDI, Token Ring, …

Internet (1)

LAN:



Equipement : Routeur, switch, HUB, borne wifi, parefeu …

Réseaux MAN et WAN

Réseaux MAN

But : Relier au moins deux réseaux LAN

Zone géographique moyennement étendue

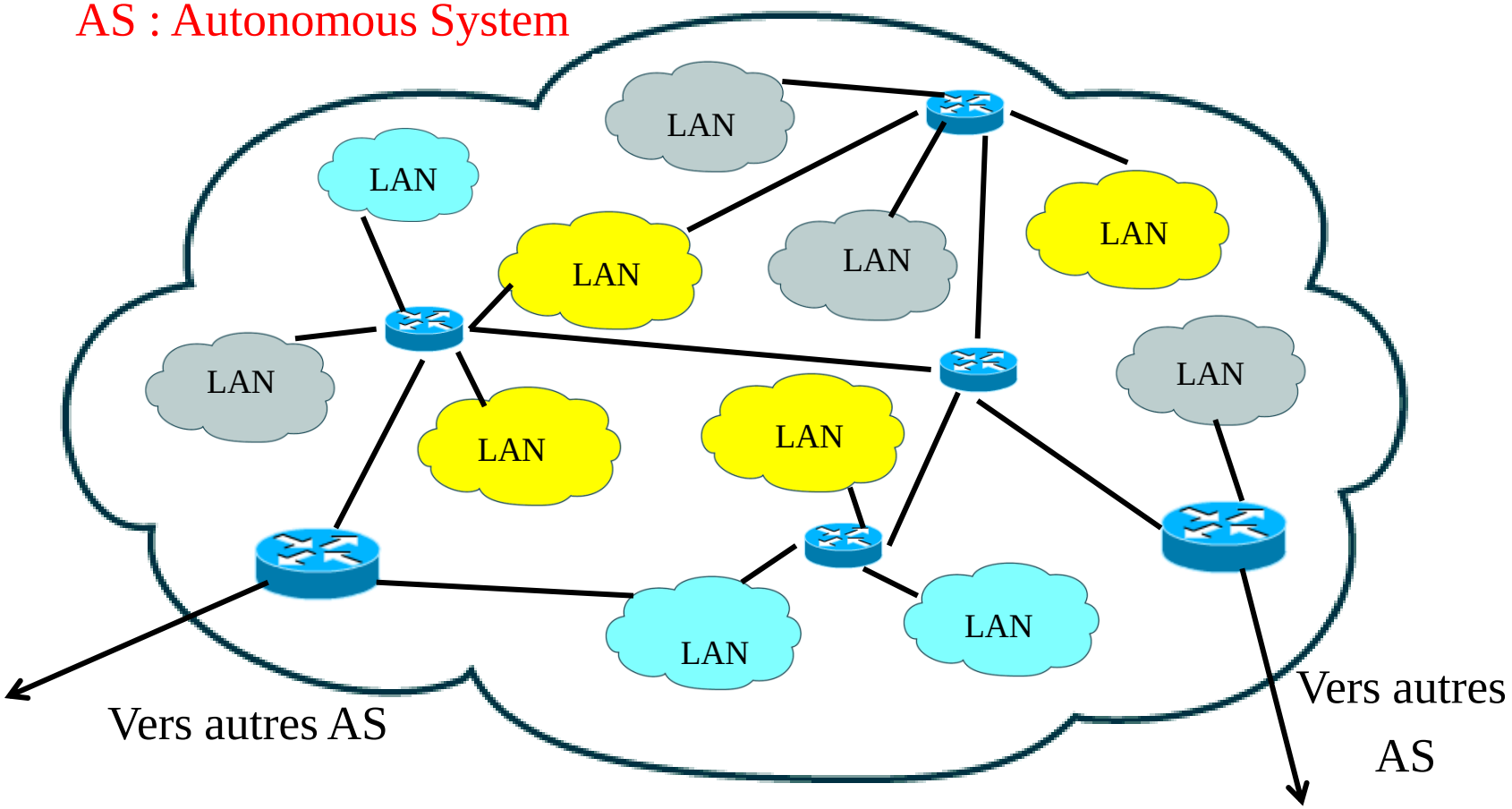
Les réseaux WAN sont conçus pour :

- Fonctionner sur une vaste région géographique
- Relier des équipements dispersés à une échelle planétaire
- Permettre l'accès par des interfaces série plus lente
- Assurer une connectivité continue ou intermittente

Equipement : Routeur, modem CSU/DSU , Box xDSL,…

Protocoles : SDWAN, xDSL, Sonet, ATM, 3G, 4G …

Internet (2)



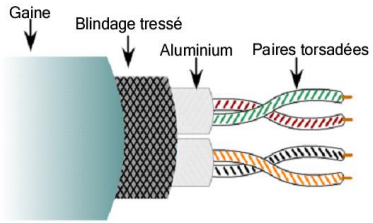
Internet : relier les Lan entre eux via des routeurs

Regroupement en Systèmes Autonomes.

La Couche Physique

La couche physique

- Objectif :
  - Relier deux éléments physiquement pour communiquer
- Technologie possible
  - Signal électrique
    - Câble à paires torsadées (blindées ou non)
      - Câble STP (shielded twisted pair)
      - Câble UTP , catégorie 5,5e, 6,7,8…



  - Onde lumineuse
    - Fibres optiques

  - Onde électromagnétique

Chaque technologie a des avantages et des inconvénients

Codage de l'information

2 modes de transmission

Bande de base

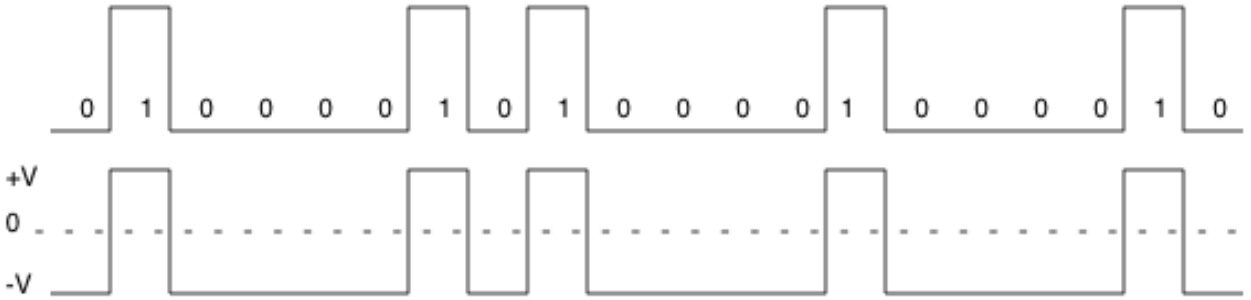
- différents codages possibles:
  - code NRZ (Non-Remise à Zéro)
  - code de Miller
  - code de Manchester ou Manchester différentiel
  - code bipolaire, etc…

Large bande ou bande modulée

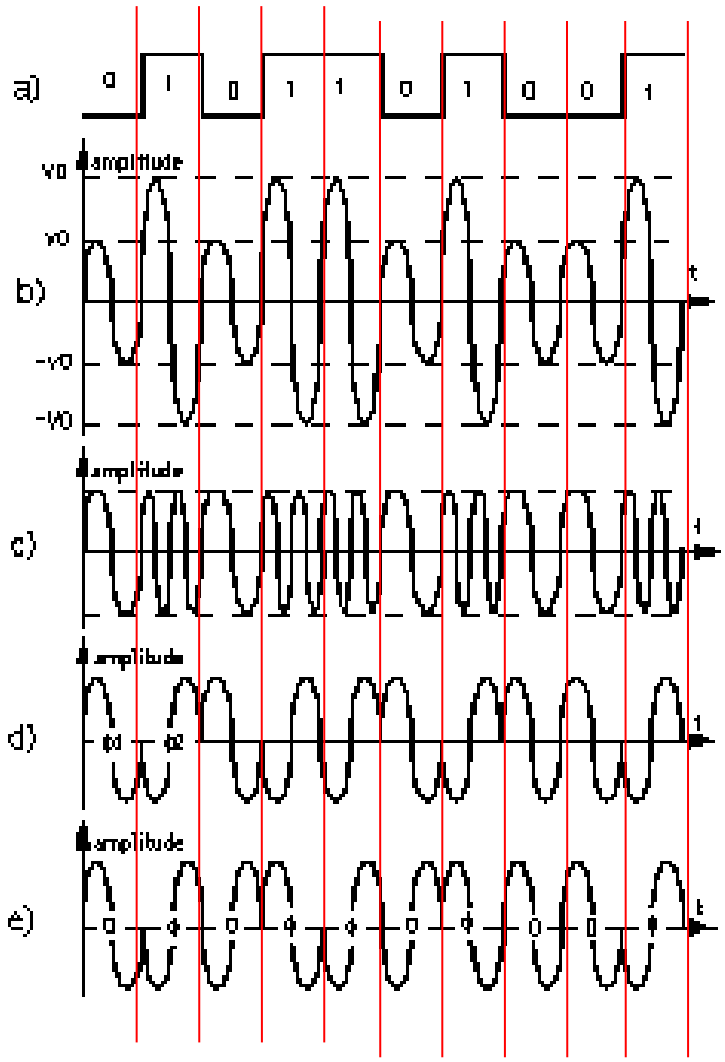
- Sinusoïde modulée :
  - en amplitude
  - en fréquence
  - en phase,...
  - modulations combinées

NRZ

- Utilisation
  - Pour relier deux ordinateurs par câble croisé ou câble série
- Inconvénients
  - pas de transition lors de longues séquences de 0 ou de 1 => pas de possibilité de synchroniser les horloges,
  - composante continue diminuée, mais non nulle



Modulations



amplitude

fréquence

phase

phase

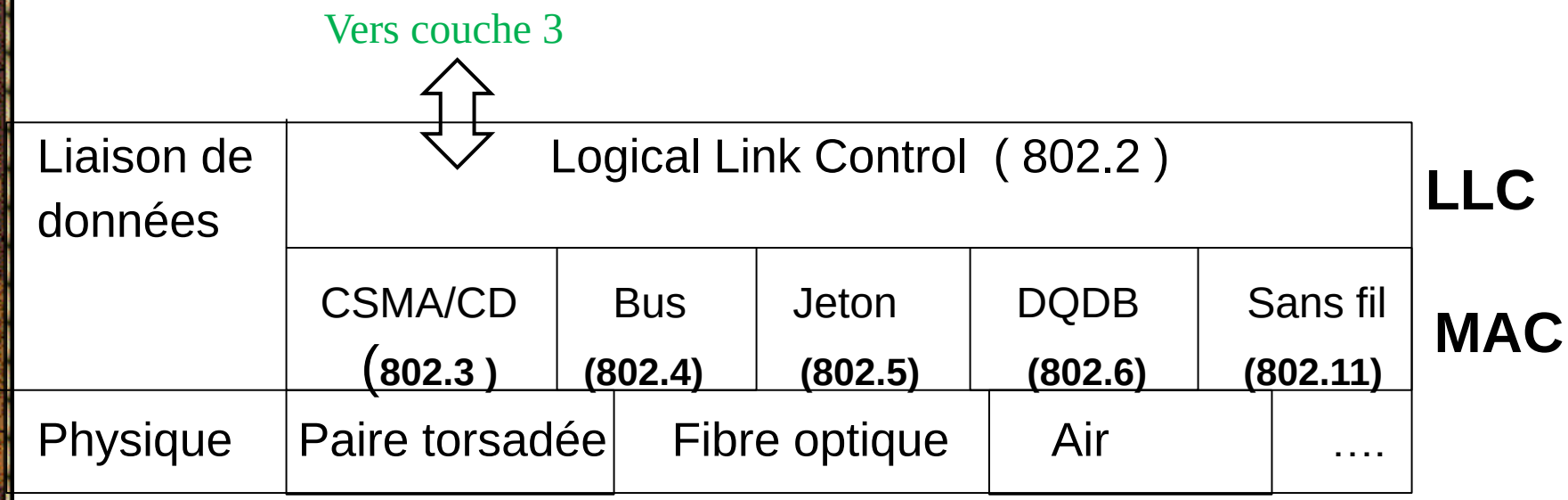
Récapitulatif

	débits	longueur maximale	raccordement	prix
câble coaxial	10 Mb/s	200 m à 500 m	BNC	ancien
paire torsadée Blindée ou non	10 Mb/s à 10 Gb/s	100 m	RJ45	le moins cher
fibre optique	100 Mb/s à 100 Gb/s	quelques km	SC	cher
faisceau satellitaire	140 Mb/s	qq centaines km à qq milliers km	antenne directive	très cher
faisceau hertzien (réseau sans fil)	1Mb/s à 300Mb/s	qq cm à qq km	antenne (directive)	très divers
ligne série	très divers	très divers	Modem	très divers

La Couche Liaison de données

La couche MAC - Généralité (1)

Transmission de bits entre systèmes raccordés au même médium (même réseau local)



MAC : Medium Access Control

En général, tout signal émis par l'un des systèmes raccordés peut être entendu par tous les autres

La couche MAC - Généralité (2)

- Fonctionnalités :
  - Transmettre des données d'une source vers un destinataire
    - **Unicité de l'adresse du destinataire sur le médium**
      - Adresse sur **6 octets**
      - Adresse physique de la carte
  - Gestion des données (trames)
    - Utilisation d'un fanion
  - Détection et correction des erreurs
    - Utilisation CRC ou FCS

IEEE 802.3..., Ethernet -II

- Technique : CSMA/CD
  Carrier Sense Multiple Access / Collision Detection
- Topologie : Bus et maintenant maillage
- Méthode d'accès : par compétition

➡ Sur un bus :
(écoute du médium : si libre, émission -> sinon attente)
Réémission après un temps d'attente si collision -> half-duplex

➡ Topologie maillée :
full-duplex → aucune collision possible
on émet immédiatement

- Débit :10 Mb/s, 100 Mb/s, 1 Gb/s, 10Gb/s

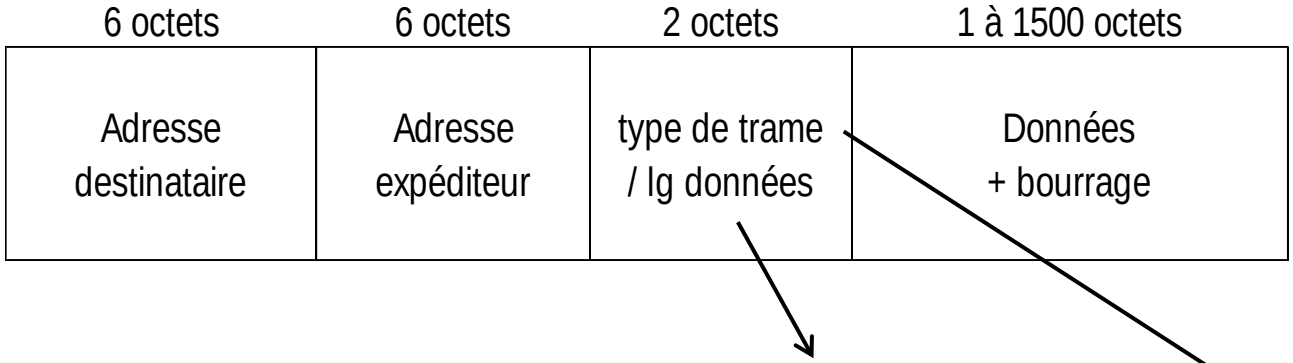
IEEE 802.3..., Ethernet -II

- Equipement :

  Half-duplex -> HUB

  Full-duplex → switch (commutateur)

- Trame :



- Ethernet 802.3: lg données < 0x05DC

  Ethernet –II : protocole de niveau 3 encapsulé > 0x05DC

Wifi (1)

- Différentes normes
  - IEEE 802.11a, b, g, n, ac, ax….
    - Augmentation du débit
    - *Incompatibilité entre les différentes normes*

- 2 topologies
  - Mode infrastructure (hot-spot)
    - Utilisation d'un **point d'accès** (AP)
    - Toutes les communications utilisent le AP
  - Mode ad-Hoc
    - Seulement des équipements Wifi

Wifi (2)

❖Accès au médium (Distributed Coordination Function)

- **Basé sur un accès CSMA/CA**

Pour émettre :

- On écoute le support (ondes)
- *Si libre pendant un temps donné* (*DIFS*, Distributed Inter Frame Space)

-> transmission d'une trame Ready To Send (RTS) contenant les informations sur le volume de données et la vitesse de transmission.

-> réception d'un Clear To Send (CTS)

-> envoie des données

-> récupération d'un ACK pour chaque trame

(RTS et CTS sont maintenant optionnelles, nécessaire si collision)

Wifi (3)

Couche MAC pour les trames de données

Contrôle de trame 2 octets	Durée/ID 2 octets	Adresse 1 6 octets	Adresse 2 6 octets	Adresse 3 6 octets	Séquence 2 octets	Adresse 4 6 octets

Corps de la trame 0 à 2312 octets	CRC 4 octets

Contrôle de trame

Version de protocole (2 bits)	Type (2 bits)	Sous-Type (4 bits)	To DS (1 bit)	From DS (1 bit)	More Frag (1 bit)	Retry (1 bit)	Power Mgt (1 bit)	More Data (1 bit)	WEP (1 bit)	Order (1 bit)

Version : actuellement, 00
Type : 3 types, plusieurs sous-types (00 : gestion, 01:contrôle, 10 : données)
To DS ou From DS : trame vers ou en provenance du système de distribution
More fragment : 1, trame fragmentée et pas dernier fragment, 0 sinon
Retry : 1 , retransmission
Power management : 1 , économie d'énergie, 0 actif
More Data : 1 si d'autres données à faire parvenir à la station
WEP : trame chiffrée par WEP ou non
order : Trame ordonnée ou non

La couche LLC

- Les fonctions de la couche 2 non prises en charge par la couche MAC ont été placées dans la sous-couche LLC (Logical Link Control) :
  - points d'accès pour les entités des fournisseurs de couches 3.
  - rattrapage des erreurs (transformées en pertes par les couches MAC).
  - contrôle de flux.

Mais comme les 2 dernières fonctions ne sont pas toujours nécessaires, différentes couches LLC ont été spécifiées

Ethernet n'utilise pas de couche LLC, Wifi l'utilise.

La Couche Réseau (OSI)
ou
Internet (TCP/IP)

Couche 3 - Généralité

- L'unité d'information est le **paquet**

- Les fonctionnalités principales de la couche 3
  - *Mode de connexion*
    - 2 modes existent : connecté (ATM, X25,…), non connecté (IP,….)
  - *Désignation des systèmes* (adressage)
    - Unicité des adresses si possible
  - ***Calcul des routes***
    - Trouver un chemin entre la source et la destination
    - Création des tables de routage

IPv4 (1)

- Caractéristiques
  - Destinataire unique ou multiple
  - Mode non connecté

Adresse IP pour chaque carte réseau, pas par hôte

- Adresse IPv4 : 32 bits –> 4*8 bits

Pour simplifier :

4 nombres : 0-255.0-255.0-255.0-255

exemple : 193.55.95.26, 43.10.15.2, 192.156.20.254

Max = 2^32= 4,2 Milliards ….

IPv4 (2)

- **@IP : Partie réseau + numéro unique sur le réseau**

  Unique au niveau mondial

- *Partie réseau* : donnée par des instances internationales (RIR – Regional Internet Registry)
- *Partie hôte :* donnée par les responsables du site (unicité)

- A partir d'une @IP, où se trouve la partie réseau ?
  - **Utilisation du masque**
  - **Le masque est donné avec l'@IP**
    - Faire un "et" bit à bit pour trouver la partie réseau

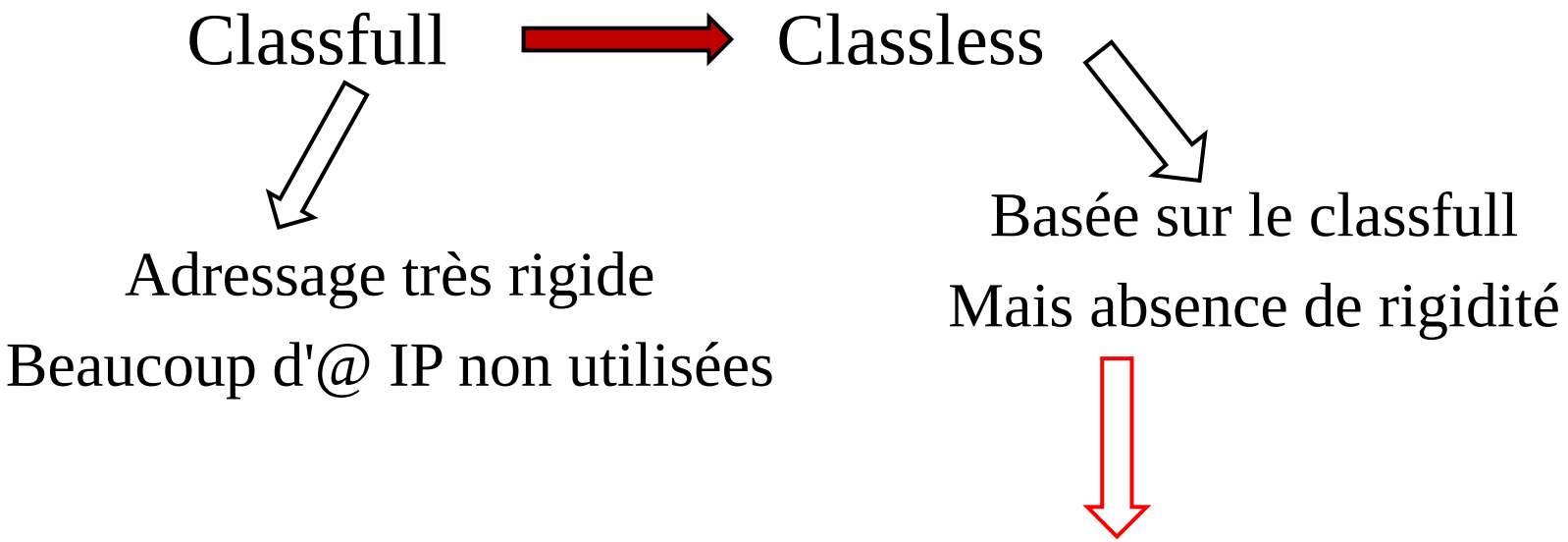
Exemple : @IP : 193.55.95.32 masque : 255.255.255.0

⟹ réseau : 193.55.95.0

IPv4 (3)

- Pour chaque réseau, 2 adresses réservées :
  - Adresse réseau : tous les bits hôtes à 0,
  - Adresse broadcast : tous les bits hôtes à 1

- Evolution de l'adressage réseau



IPv4 (4)

Par défaut,…

- Si 1er octet entre 0 et 127, masque 255.0.0.0 (classe A)
  - Seul 1er octet réseau et 3 octets pour la partie hôte
- Si 1er octet entre 128 et 191, masque 255.255.0.0 (classe B)
  - Les 2 premiers octets pour le réseau et 2 octets pour la partie hôte
- Si 1er octet entre 192 et 223, masque 255.255.255.0 (classe C)
  - Les 3 premiers octets pour le réseau et 1 octet pour la partie hôte

Une classe C ne peut contenir que 254 machines.

Exemple : @réseau : 200.10.15.0 @machines : 200.10.15.1

@broadcast : 200.10.15.255 ….. 200.10.15.254

IPv4 (5)

- Les sous-réseaux (ou réseaux…)
  - Objectif : prendre un réseau de classe A, B ou C et le sous-divisé en plus petits pour éviter les pertes d'@IP…
  - Différentes étapes :
    - Trouvez la classe du réseau initial
    - Créer des sous-réseaux en jouant sur le masque
      - **Puissance de 2**
      - A chaque sous-réseaux, réservation de 2 adresses
        - Adresse réseau
        - Adresse broadcast

Masque : 11111111 . 11111111 . 11111 000 . 00000000

Réseau Sous-réseau Hôte

Les sous-réseaux (1)

Calcul du masque du sous-réseau

- augmentation du masque du réseau de 1 bit par puissance de 2

Exemple pour un classe C:

Nb de sous-réseaux	Nb d'hôtes	Masque
2	126	255.255.255.128
4	62	255.255.255.192
8	30	255.255.255.224

Adresses IP (exemple)

masque réseau	Nb sous réseaux	Réseau	Diffusion	minIP	MaxIP	Nb hotes
128	2	0	127	1	126	126
		128	255	129	254	126
192	4	0	63	1	62	62
		64	127	65	126	62
		128	191	129	190	62
		192	255	193	254	62

Les sous-réseaux (2)

Calculer un sous-réseau : masque

- trouver la puissance de 2 supérieure ou égale au besoin
- calcul du masque du sous-réseau

Ex : classe B, 20 sous-réseaux → 32 = 2^5

255. 255 . | xxxxx | xxx . xxxxxxxx

d'où 255.255. 248 . 0

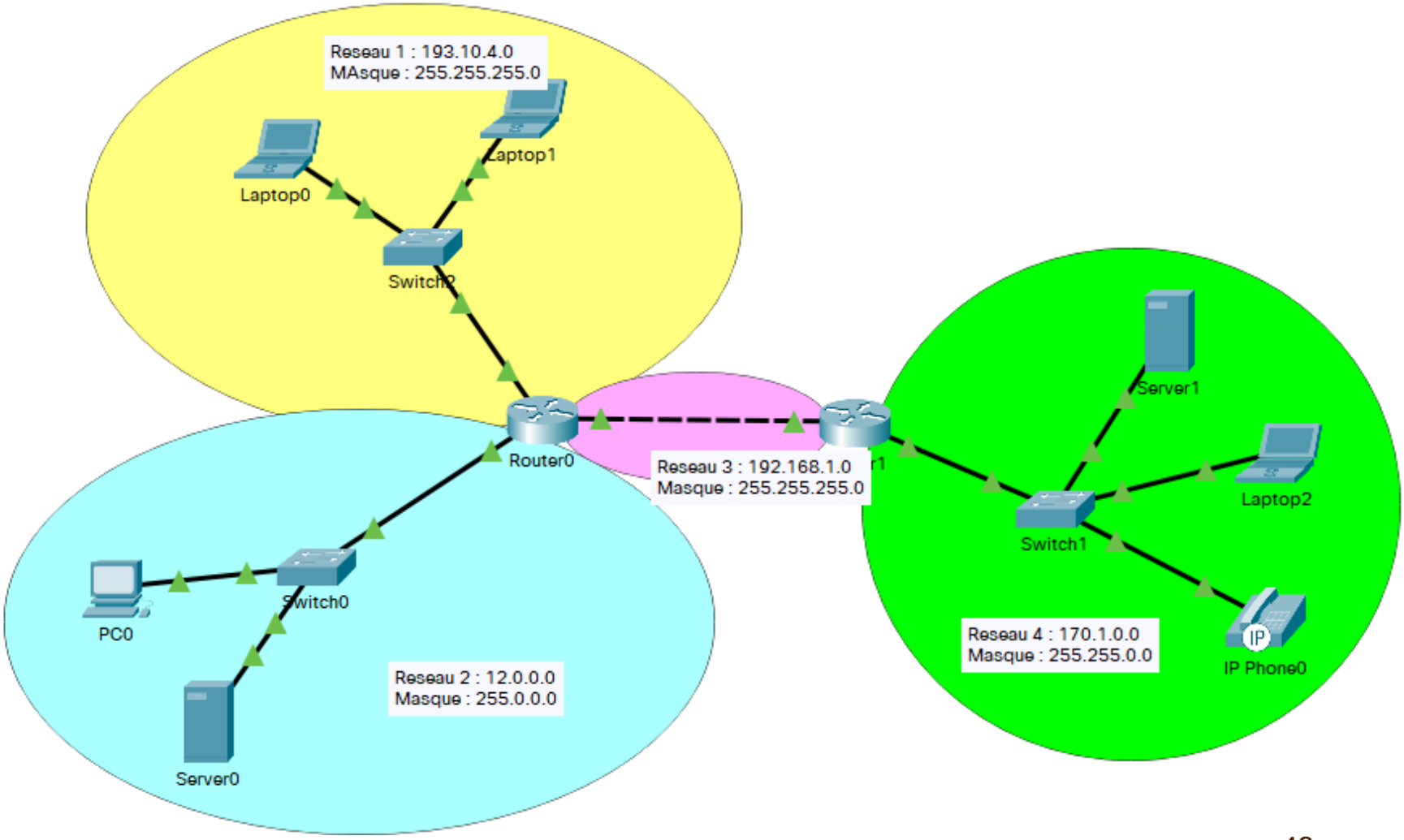
Trouvez les sous-réseaux

- Prendre l'adresse réseau ex : 156.10.0.0
- Faire varier les bits utilisés pour le sous-réseau pour obtenir les adresses des sous-réseaux

Ex : 156.10. 00000 000.0 → 156.10.0.0
156.10. 00001 000.0 → 156.10.8.0
156.10. 00010 000.0 → 156.10.16.0 etc…

IPv4 (6)

- Adresses IP privées (RFC 1918)
  - Non unique, mais gratuite
  - Ne permettent pas d'aller sur internet
  - @réseau : 10.0.0.0 /8
    masque 255.0.0.0
  - @réseau : 172.16.0.0- 172.31.0.0 /16
    masque 255.255.0.0
  - @réseau : 192.168.0.0 – 192.168.255.0 /24
    masque 255.255.255.0

Architecture

- **Une adresse réseau différente par réseau**