



Notion sur le Réseau

Comprendre les principes de bases
d'Internet

Plan général

- 1. Généralité et modèle de référence pour l'interconnexion des systèmes ouverts**
- 2. Communications sur un médium (couches 1, 2, et MAC)**
 - a) Couche physique
 - b) Ethernet
 - c) wifi
- 3. Couche Réseau : Routage et Internet Protocol (IP)**
 - a) Adressage IP
 - b) Notion de sous-réseaux/ Virtual LAN
 - c) Routage
- 4. Couche Transport (TCP et UDP), et applicatif**
 - a) Notion de Port
 - b) Pare-feu
 - c) VPN

Pourquoi interconnecter des ordinateurs ?

Pour transférer des informations d'un système à un autre

✦ Pourquoi ce besoin de transfert ?

- *parce que la création d'une information se fait sur un système, et son utilisation sur un autre* (ex : le web, le streaming, les wikis, la domotique, IOT,)
- Pour **partager l'information** entre plusieurs personnes (mail, jeux en réseau, communauté, ...) et communiquer rapidement entre différentes personnes (messagerie instantanée, Voix sur IP...)
- Pour travailler ensemble sur un problème (outil collaboratif, ...) ou stocker des informations (cloud, ...)
- Et aussi parce qu'il est nécessaire de copier l'information par sécurité (réplication, haute disponibilité,...)
- ...

Combien y a-t-il de sites Internet ?

Nombre de sites Internet en ligne de 1991 à 2019



Définitions

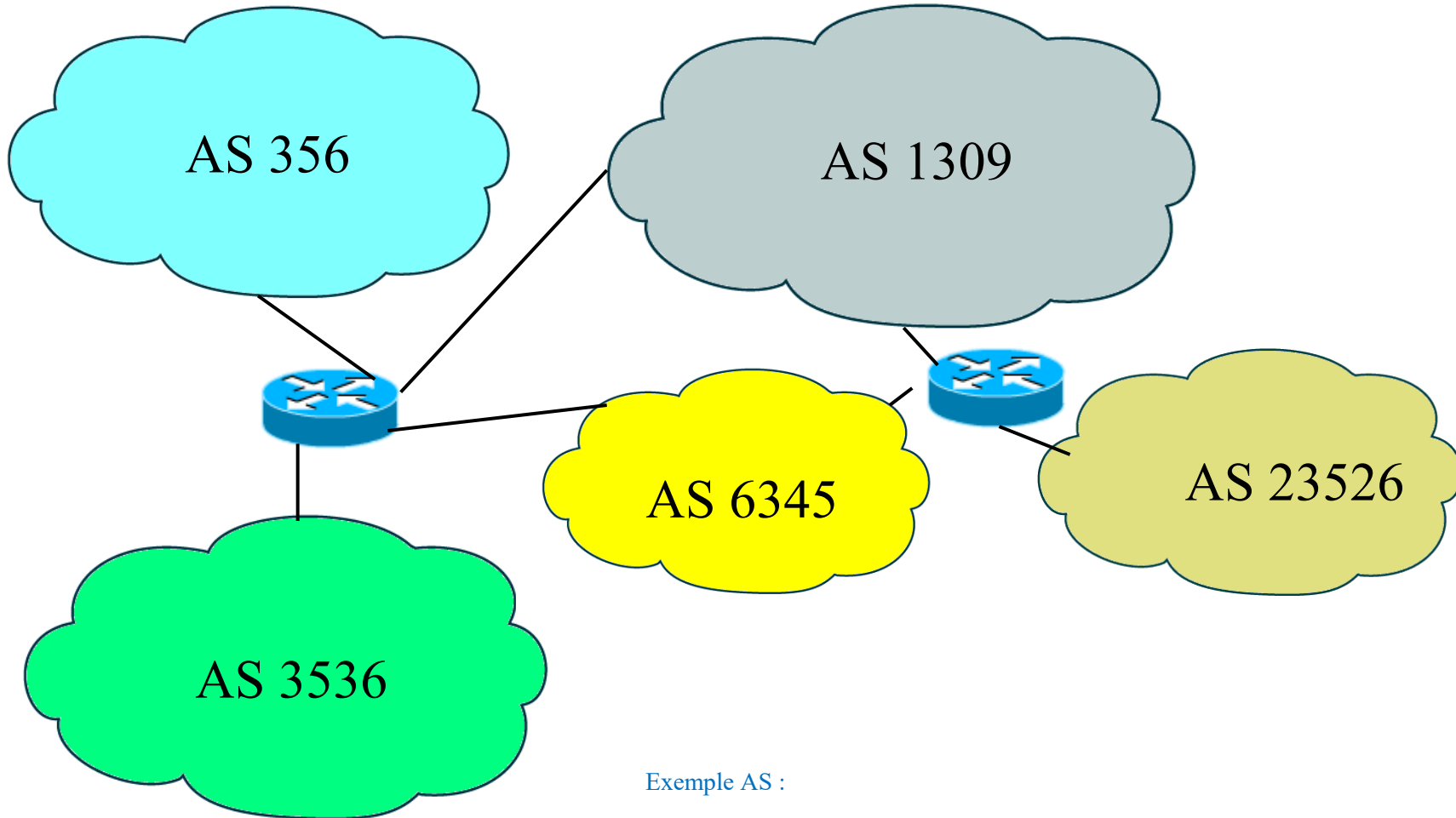
✦ Internet

- ✦ **Internet** est un réseau informatique mondial accessible au public. Il s'agit d'un réseau de réseaux, à commutation de paquets, sans centre névralgique, composé de millions de réseaux eux-mêmes regroupés en réseaux autonomes (AS).

✦ Réseau informatique

- ✦ Un **réseau informatique** est un ensemble d'équipements reliés entre eux pour échanger des informations (cf wikipedia).

Internet = inter -net



Exemple AS :

| | | |
|------|-----------------------|---|
| 4861 | GLOBAL-IP-KOREA-AS-AP | Orange Business |
| 3256 | UNSPECIFIED | Renater |
| 4862 | EQUANT-ASIA | Orange Business AS for Asia |

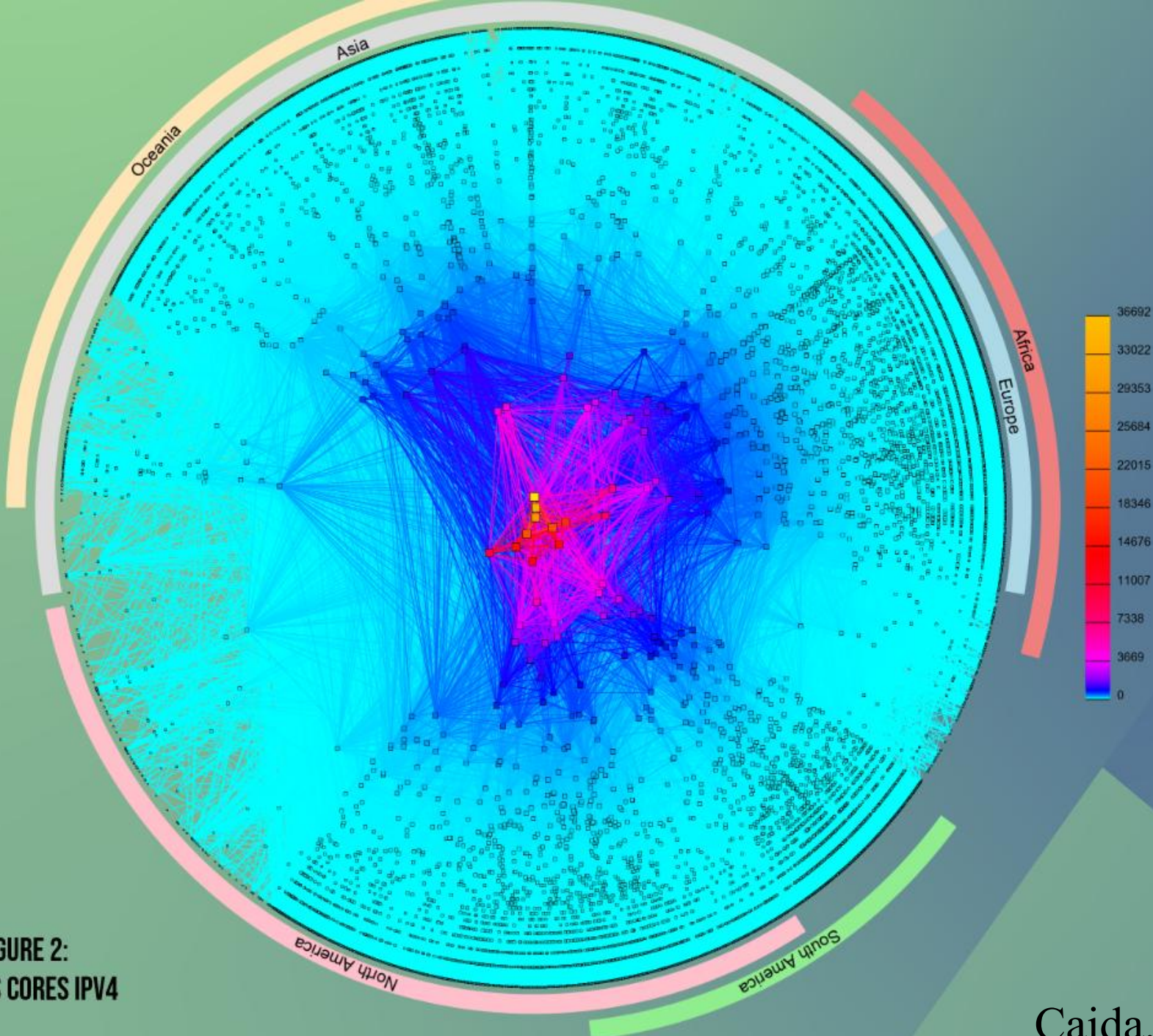


FIGURE 2:
AS CORES IPV4

Objectif

Pouvoir faire dialoguer d'une manière fiable des systèmes distants

➔ nécessité d'un **protocole de communication**

Un protocole de communication est une description formelle d'un ensemble de règles et de conventions qui régissent un aspect particulier de la façon dont les équipements communiquent sur un réseau.

✦ Pour une communication, on a toujours :

- ◆ Une source (sender, client)
- ◆ Un destinataire (receiver, serveur)
- ◆ Un canal physique de transmission allant de la source au destinataire
- ◆ Des protocoles de communication
 - Mode d'emploi pour envoyer/recevoir les données
 - Décrit dans des RFC (Request For Comment)
 - ◆ Ex : -RFC 793 : TCP
 - RFC 959 : FTP
 - RFC 1678 : Ipv6 Requirements of Large Corporate Network...

Historique Rapide

1844 : Télégraphe (Morse)

1876 : Téléphone (Bell)

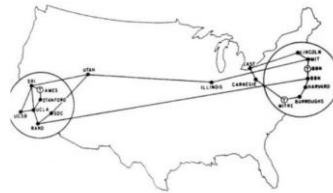
1945 : Ordinateur : EDVAC

1956 : Liaison transatlantique stable

1957 : Création du réseau ARPA (DoD)

1964 : Transmission de données sur RTC

1969 : Réseau ARPANET



1971 : ARPANET a 23 ordinateurs

1973 : Définition de TCP/IP

1973 : Première apparition d'Ethernet

1980 : le Minitel, protocole ATM

1981 : terme Internet

1982 : modèle OSI

1984 : Messagerie X400

1991 : apparition de [www](#)

1993 : Navigateur mosaïc

1995 : Démocratisation GSM

1999 : WAP (internet sur GSM)

1999 : WI-FI

2005 : UMTS alias 3G, VoIP

2012 : début de la 4G (LTE)

2021 : début de la 5G

2023 : fin de la téléphonie classique, tout en VoIP

2025 : fin GSM

2026 : fin 3G

Evolution de l'offre réseau

Solutions privées

- pour un problème
- pour un utilisateur
- bien adaptées à la date de réalisation
- évolution difficile et onéreuse
- rarement compatible avec d'autres solutions

Solutions propriétaires

- licence fournisseur
- bien adaptées à un type de systèmes
- licence parfois onéreuse
- maintenance, évolution
- incompatible avec d'autres solutions
⇒ capture des clients

Solutions publiques

- tout type de systèmes
- conception publique ⇒ qualité
- concurrence de développement

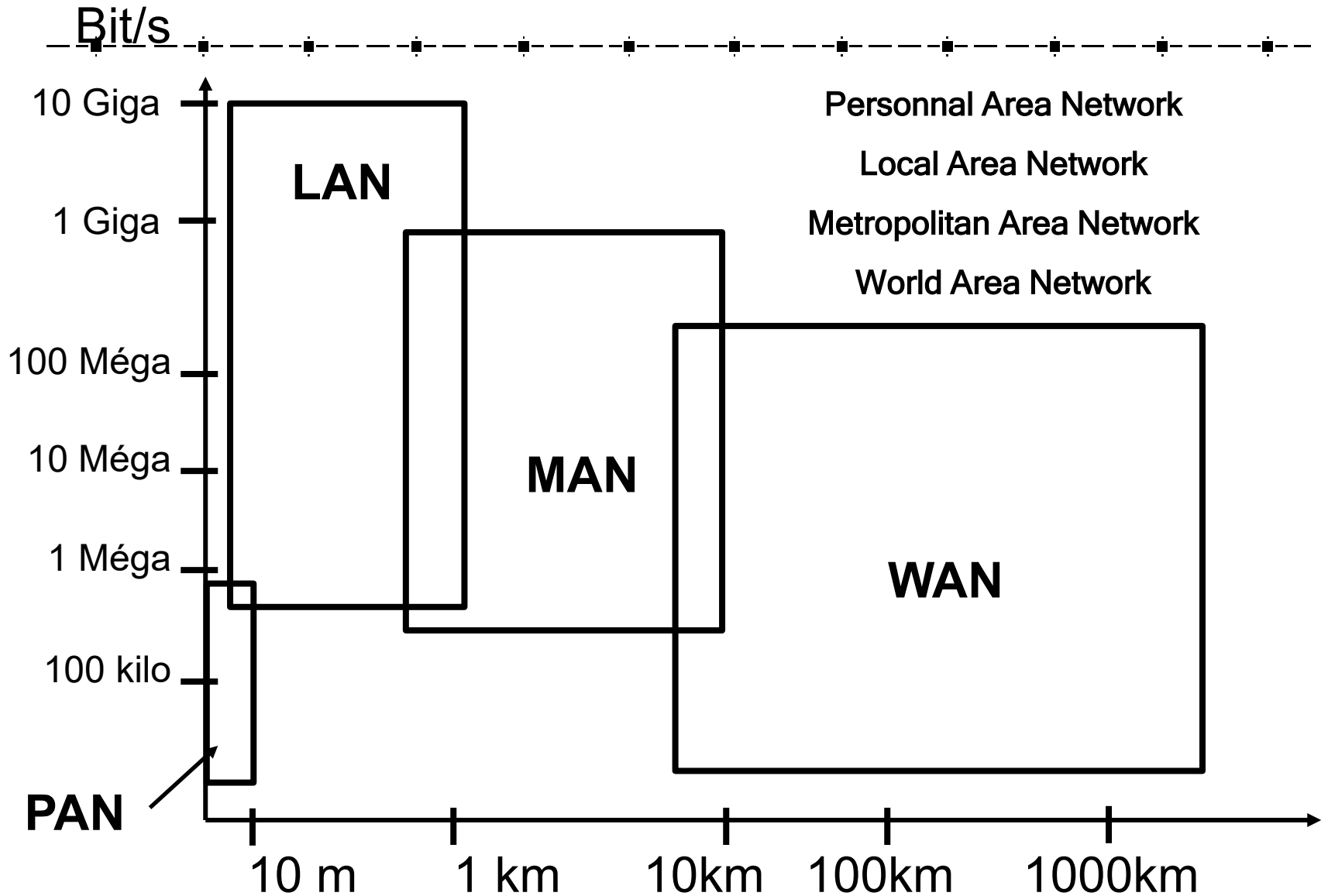
Organismes de normalisation

| | | |
|----------------|---|--|
| ISO | International Standard Organisation membres : ANSI, AFNOR, BSI... | www.iso.ch |
| IEC | International Electrotechnical Commission | 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

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



HUB



Commutateur (switch)



Pont



Routeur

✦ Quelques protocoles courants :

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

Réseaux MAN et WAN

✦ Réseaux MAN

But : Relier au moins deux réseaux LAN

Zone géographique moyennement étendue

✦ Les réseaux WAN sont conçus pour :

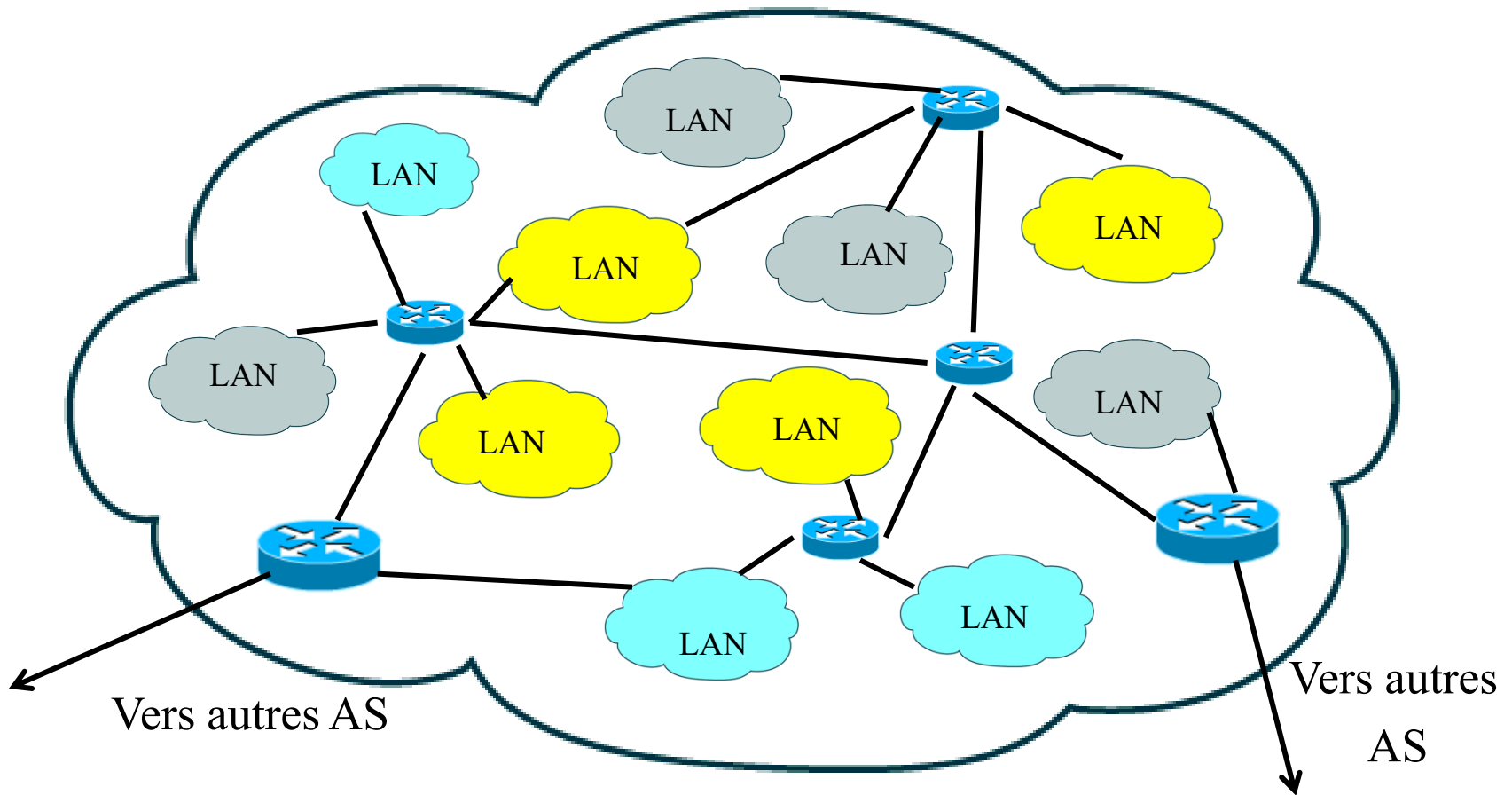
- Fonctionner sur une vaste région géographique
- Relier des équipements dispersés à une échelle planétaire
- Permettre l'accès par des interfaces série plus lente
- Assurer une connectivité continue ou intermittente

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



Protocoles : RNIS, xDSL, Sonet, SDH, ATM, 3G, 4G ...

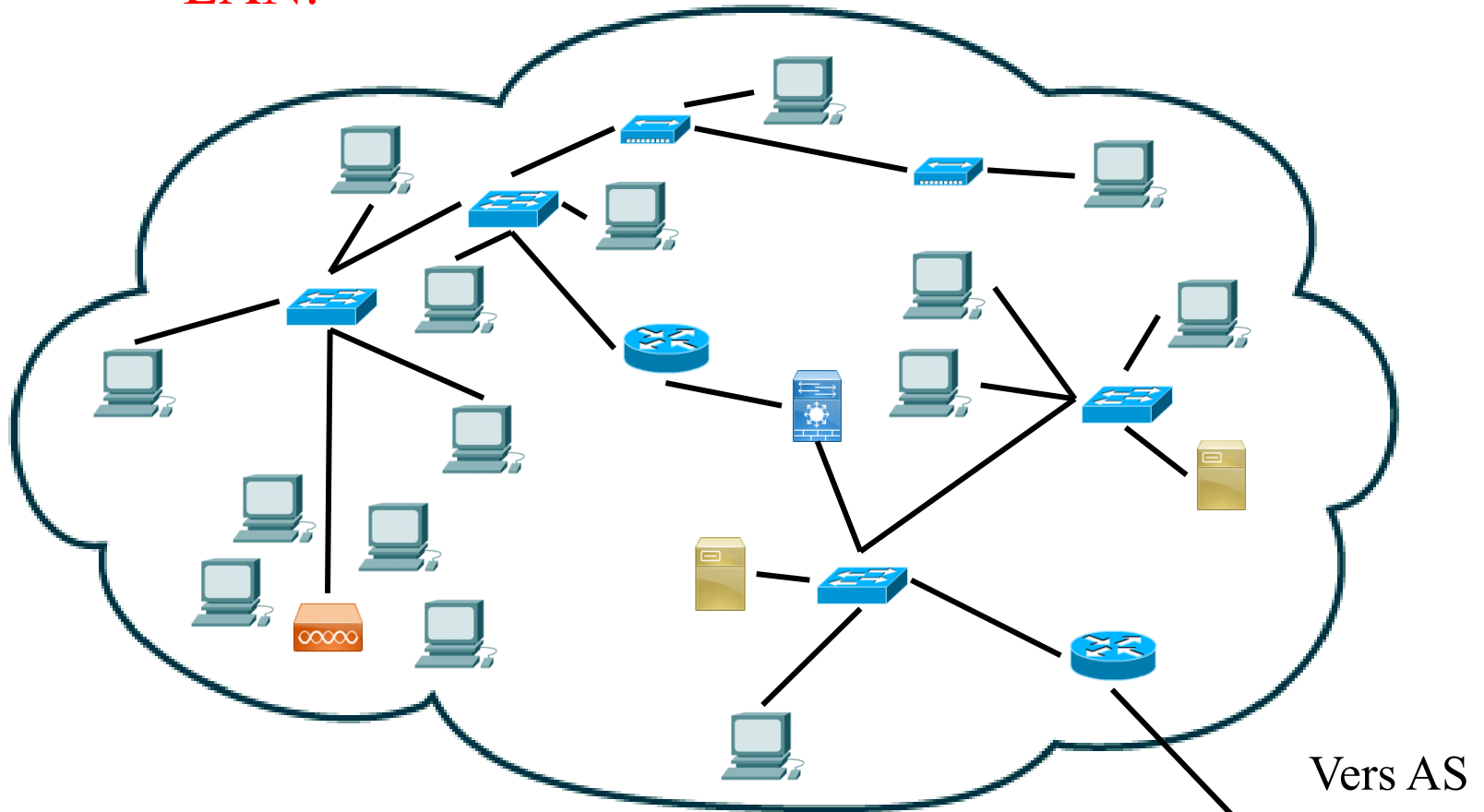
Intérieur d'un AS



Internet : relier les Lan entre eux via des routeurs

Intérieur d'un LAN

LAN:



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



Les modèles de référence

Quelques problèmes

- ❏ La transmission du signal de médium en médium
 - changement de médium (fibre optique ↔ câble métallique, air ↔ câble)
 - perturbation du signal transmis
 - atténuation du signal

 - ❏ Trouver le système destinataire et acheminer les données
 - désignation des systèmes, routage de médium en médium

 - ❏ Le codage des chaînes de bits transmis
 - l'information codée par un algorithme en un signal doit être décodée par l'algorithme inverse - et il existe beaucoup d'algorithmes de codage/décodage

 - ❏ La livraison de l'information transmise au bon processus
 - protection de l'information, protection des processus

 - ❏ L'interprétation des chaînes de bits transmis
 - un entier est-il sur 16 ou 32 bits ?
- et de nombreux autres problèmes ...

Le modèle de référence (1)

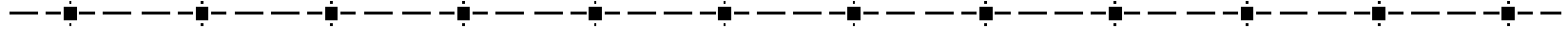
Modèle de référence pour l'interconnexion de systèmes ouverts (*Open System Interconnection Reference Model*)

- modèle fondé sur un principe énoncé par Jules César:
"Diviser pour mieux régner"
- le principe de base est la description des réseaux sous forme d'un ensemble de fonctions (**couches**) superposées les unes aux autres
- l'étude du tout est réduit à celle de ses parties, l'ensemble est donc plus facile à manipuler

Règles:

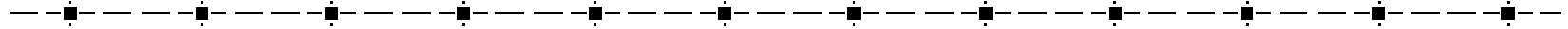
- *Créer une couche chaque fois qu'une fonction particulière est mise en jeu*
- Ne pas créer plus de couches que nécessaire, ce qui conduit à regrouper les fonctions similaires dans la même couche.

Les couches de l'OSI (1)



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

Le modèle 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 réseau) |

| | |
|--------------|--|
| Accès Réseau | transfert fiable de blocs d'octets entre systèmes raccordés sur le même réseau |
|--------------|--|

Le modèle de solution

✦ Selon le concept utilisateur-fournisseur

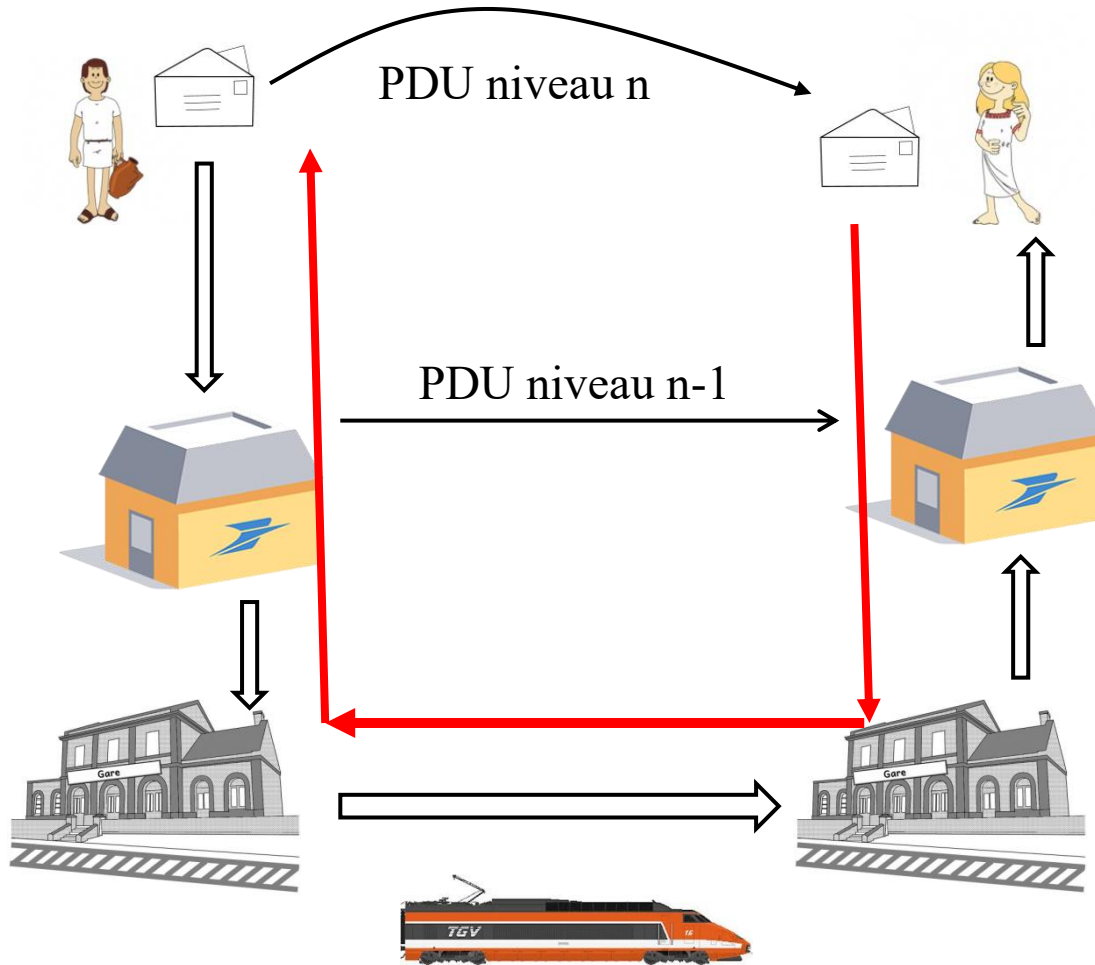
- ◆ Chaque couche fournit un Service à la *couche supérieure* elle est **fournisseur** pour les couches supérieures
- ◆ Chaque couche utilise le Service d'une *couche inférieure* elle est **utilisateur** d'une ou plusieurs couches inférieures
- ◆ La manière selon laquelle fonctionne une couche (comment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

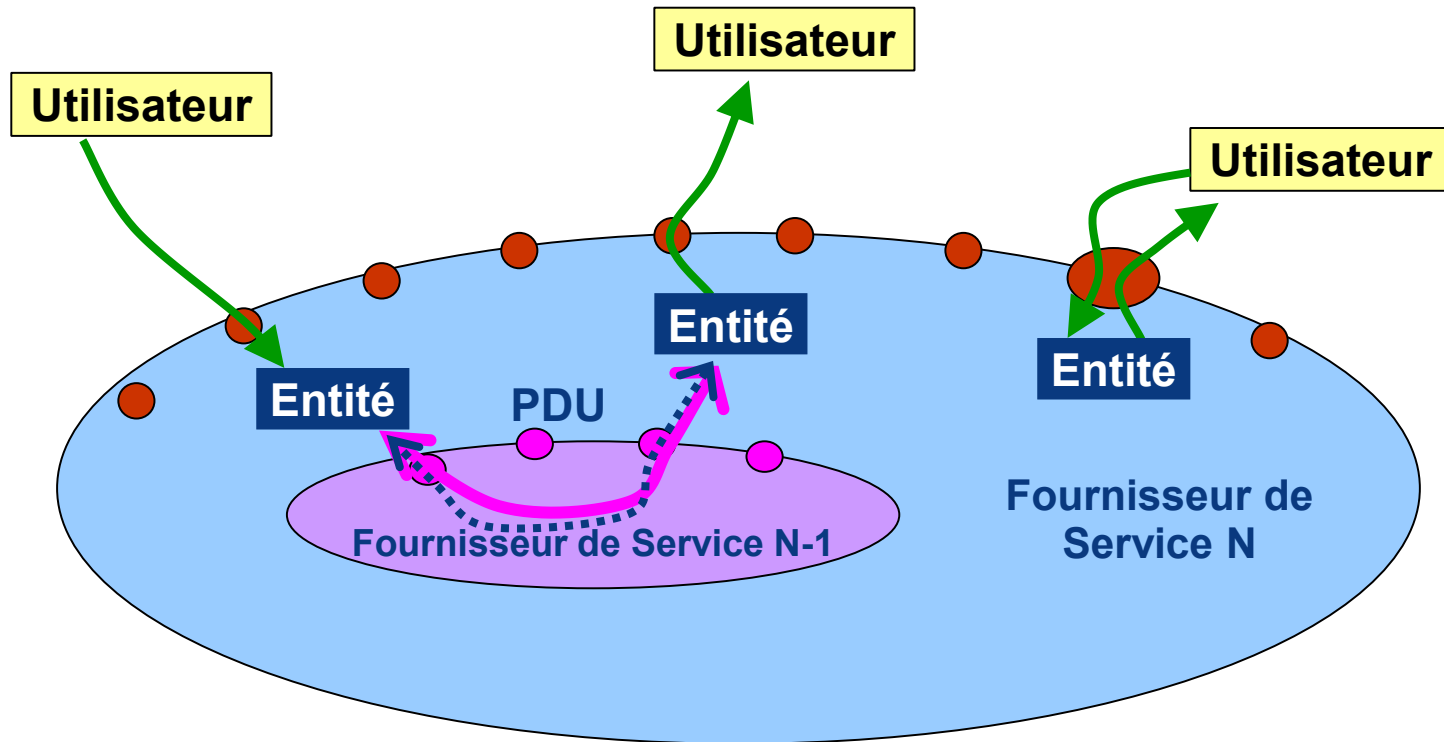
Analogie Poste/réseau

✦ But : distribuer une lettre/un message

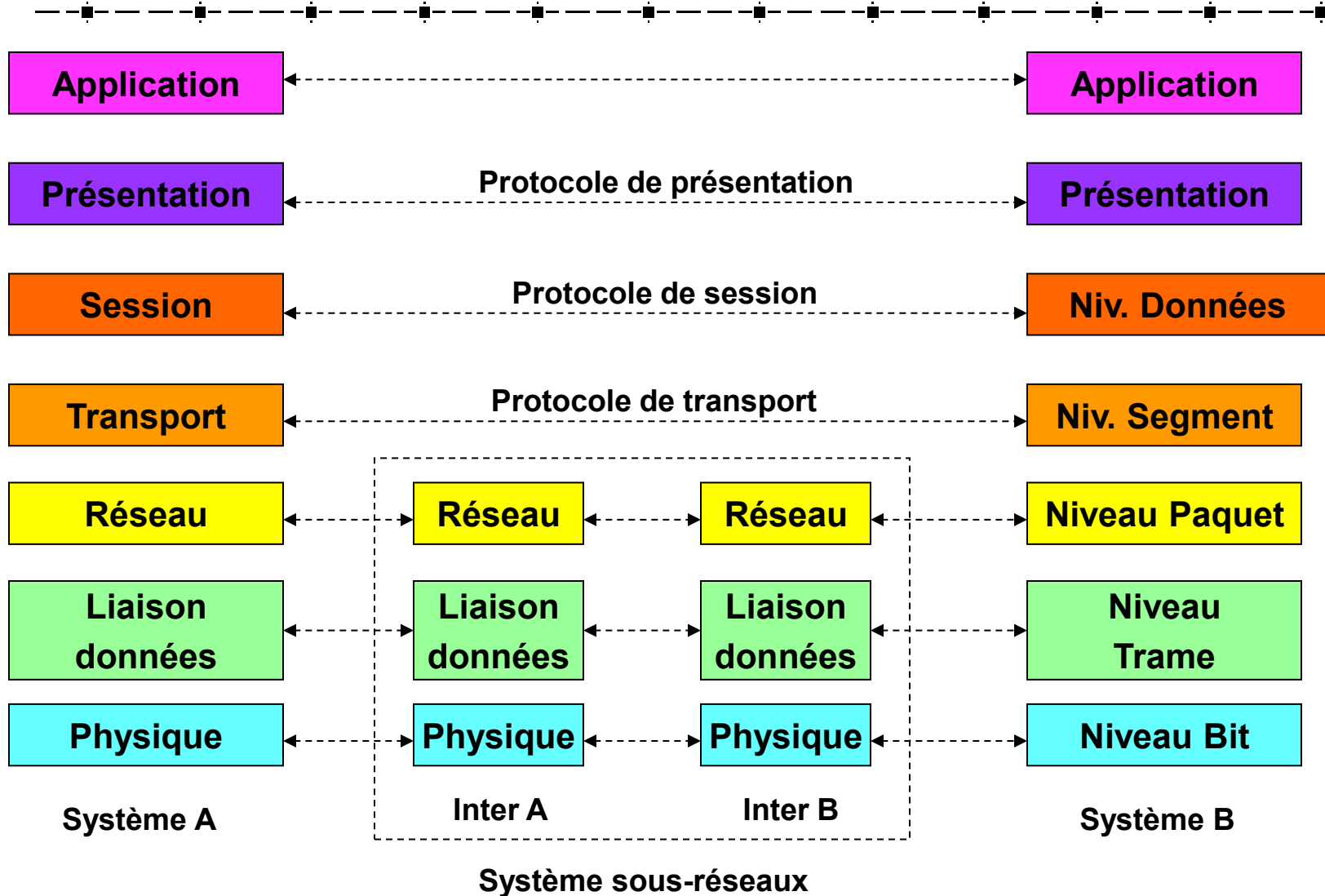


Protocole - schéma

- ◆ les entités du fournisseur de Service N utilisent le Service N-1, pour la transmission des PDU-N entre elles
- ◆ les PDU du Service N sont transportées dans des PDU du Service N-1



Les couches de l'OSI



L'architecture - principe

✦ Chaque couche (sauf la couche physique) utilise le service de la couche immédiatement inférieure.

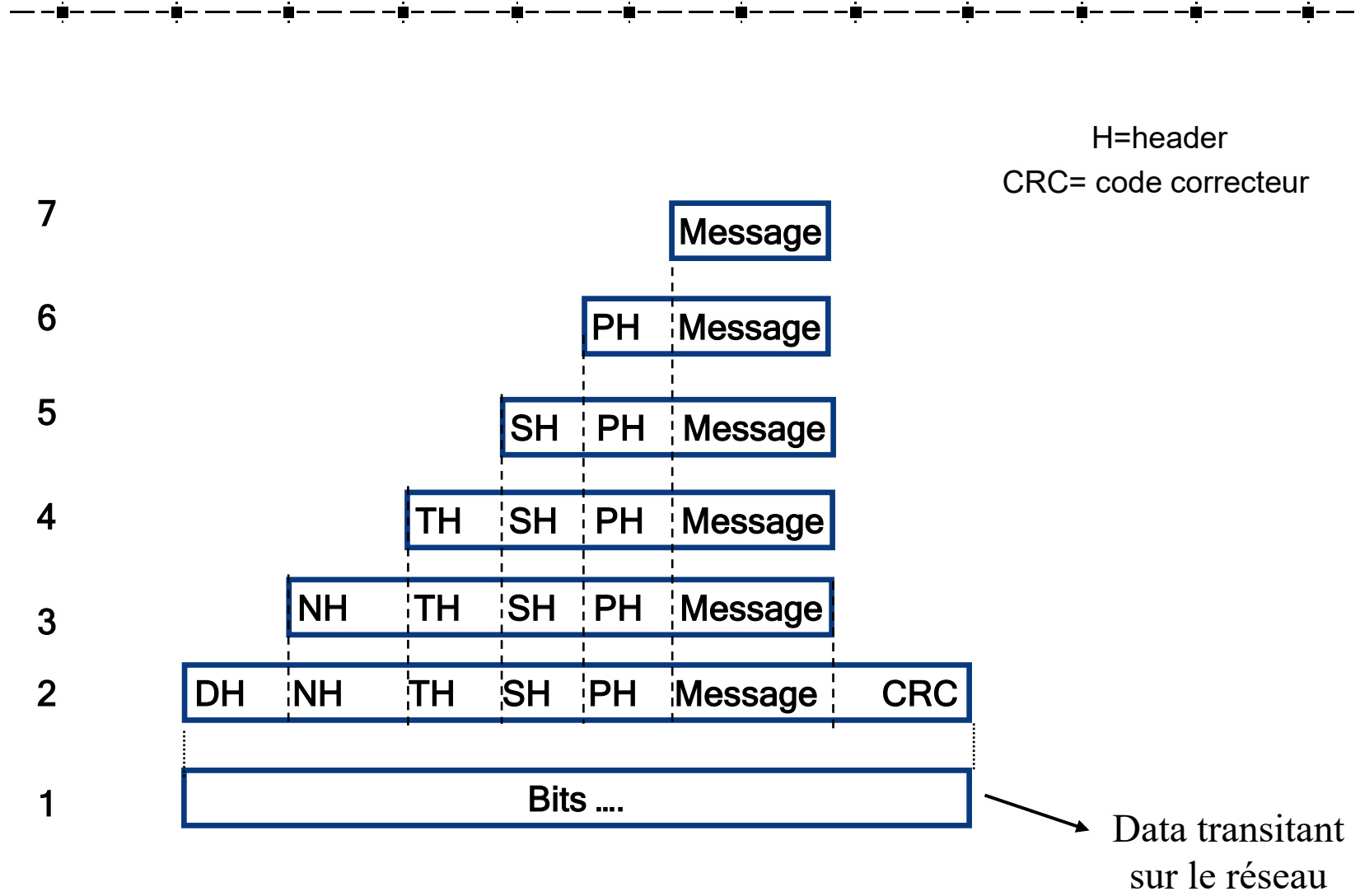
✦ Les conséquences

- ✦ le service de niveau N-1, utilisé par la couche de niveau N n'est pas visible des utilisateurs du service N
- ✦ les PDU du protocole de niveau N que les entités du fournisseur de service de niveau N ont à se transmettre sont **encapsulées** dans les PDU de niveau N-1

PDU de niveau N-1

PDU de niveau N

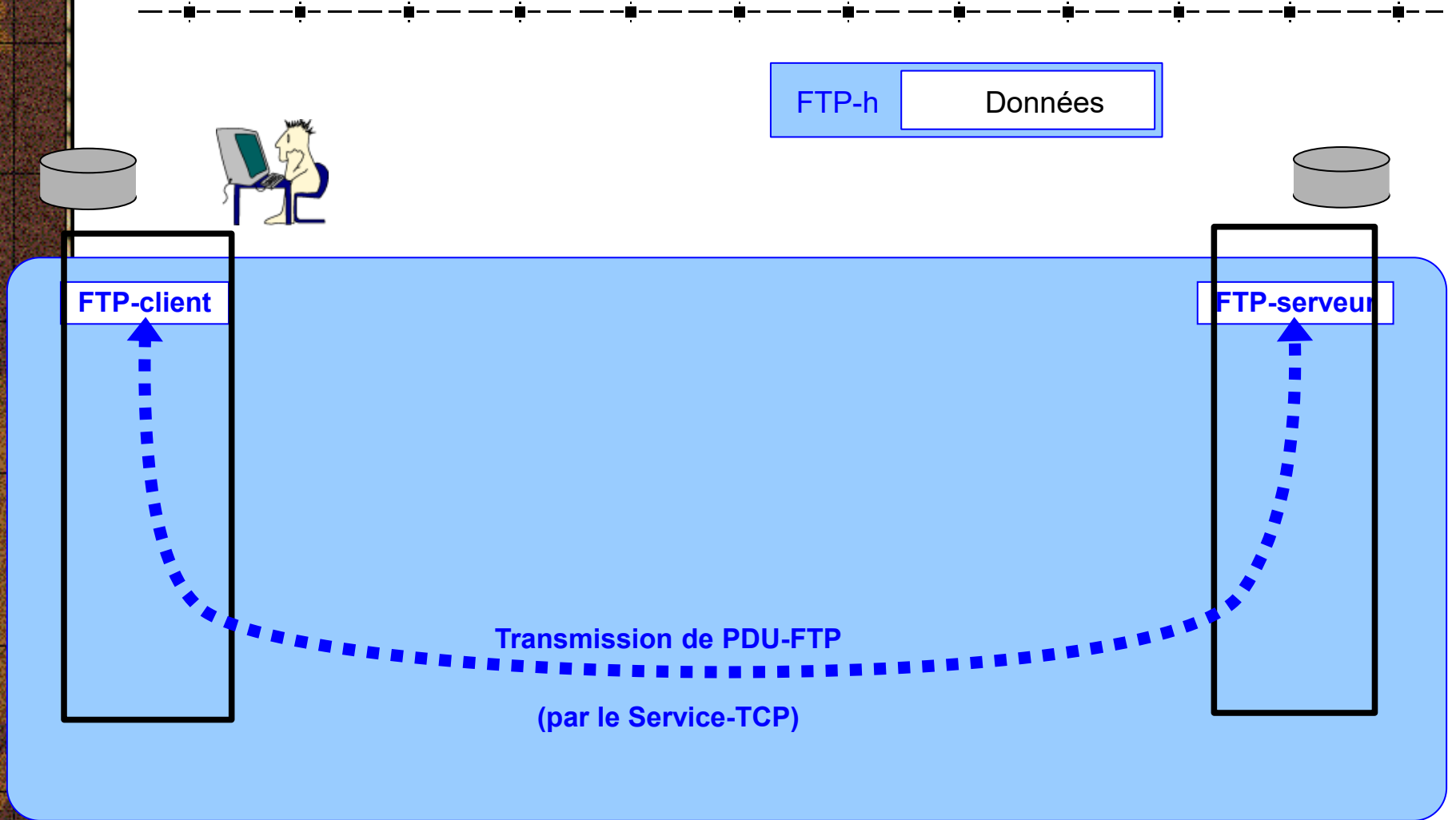
L'encapsulation



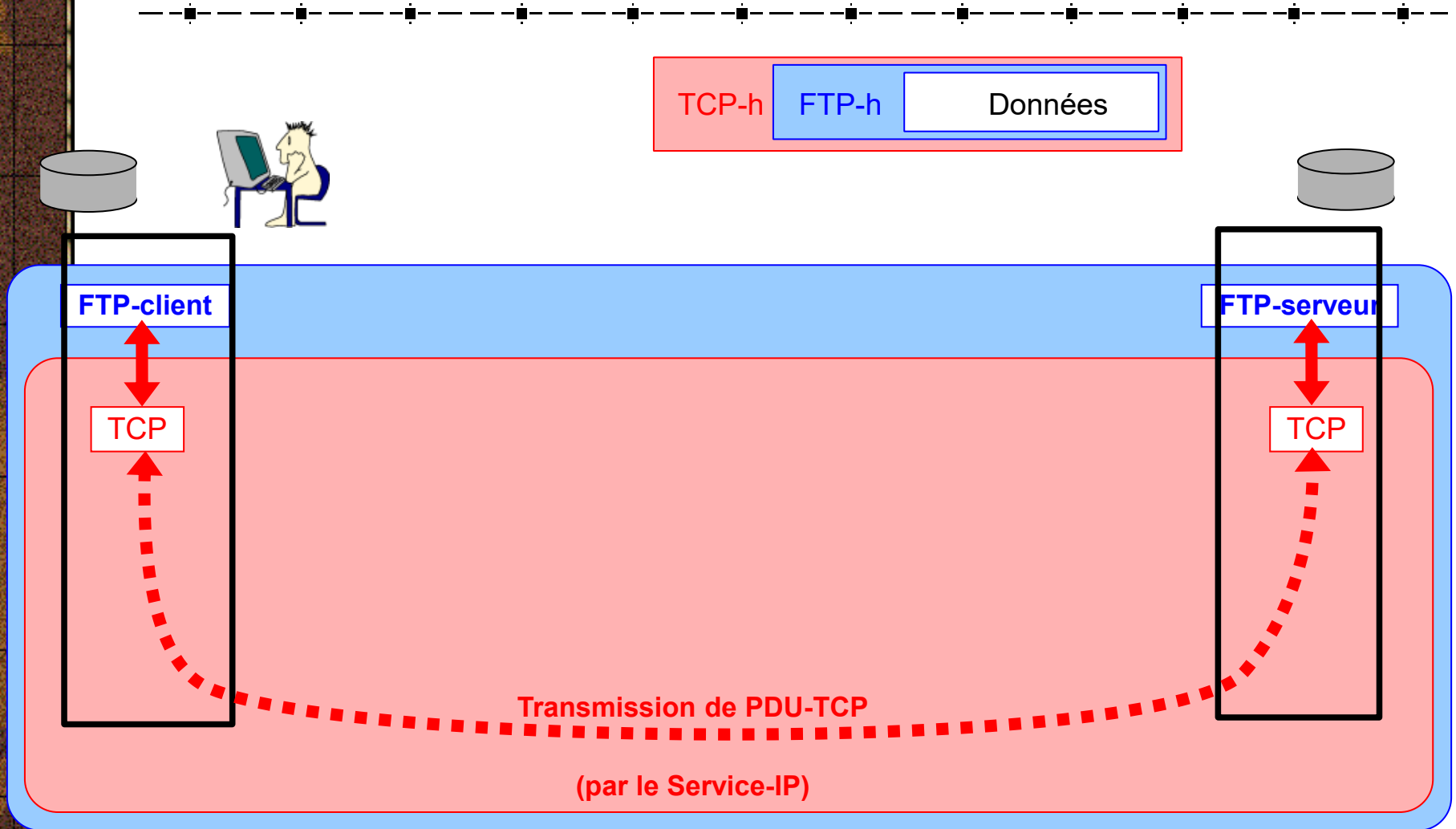


Application du modèle de référence sur FTP

Les entités-FTP réalisent chaque facilité demandée, en coopérant par la transmission de PDU-FTP

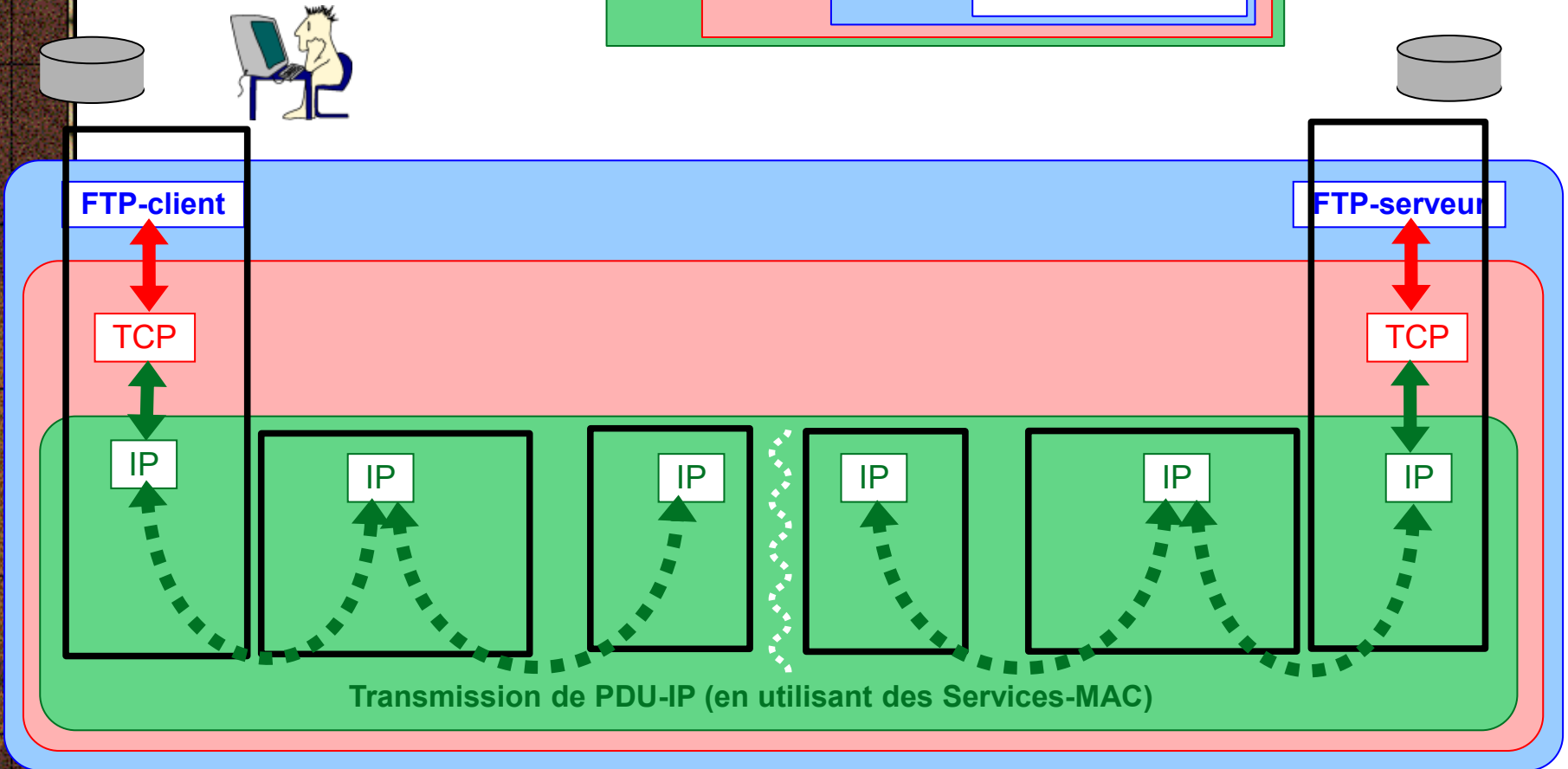
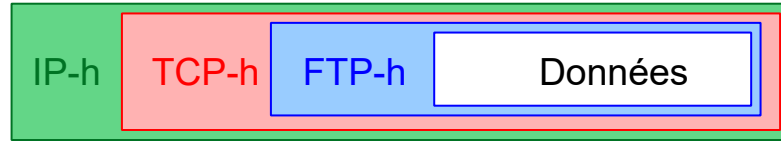


Les entités-TCP réalisent la transmission des PDU-FTP, en coopérant par la transmission de PDU-TCP

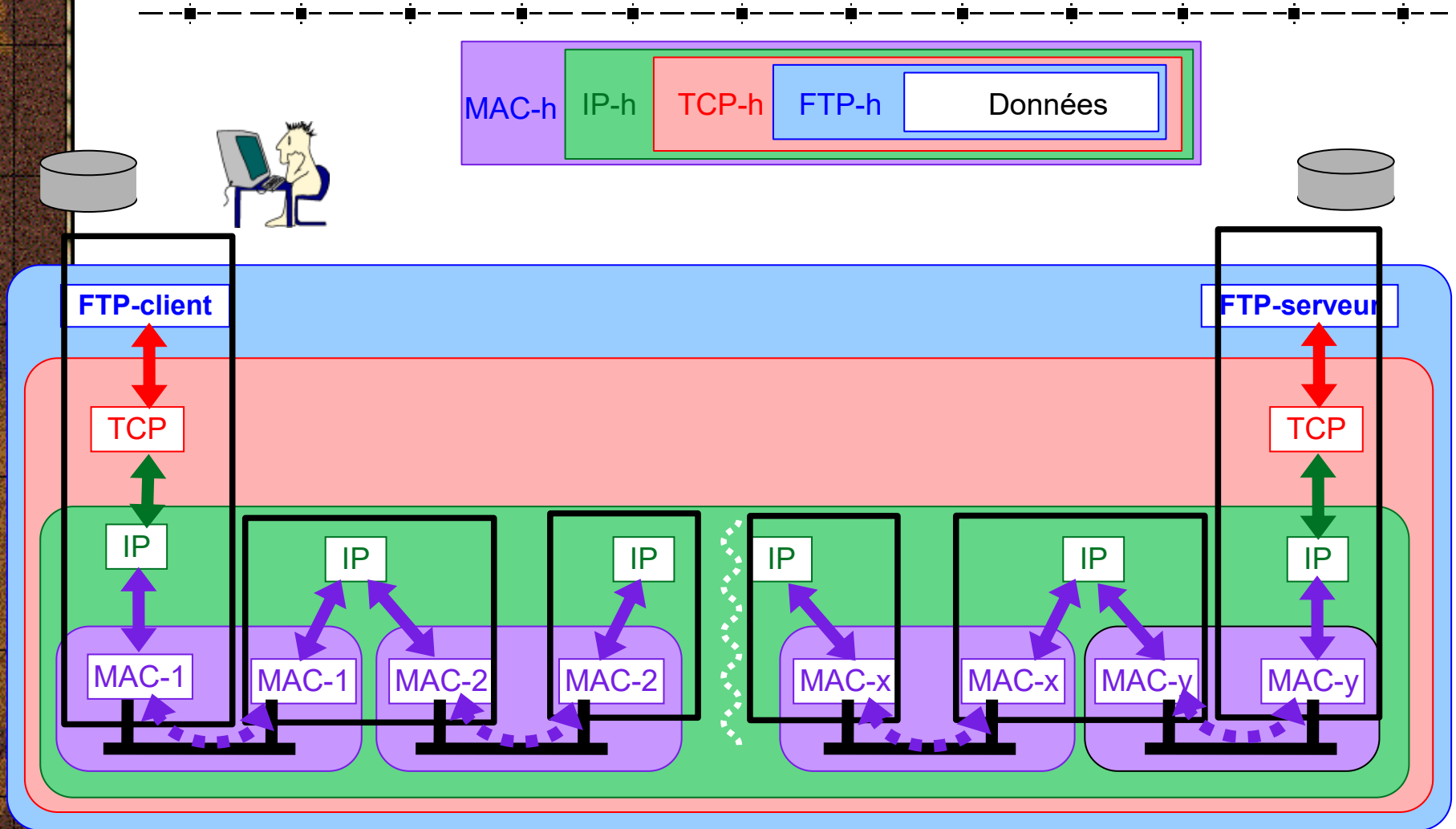


Les entités-IP réalisent la transmission des PDU-TCP, en coopérant par la transmission de PDU-IP

La transmission est effectuée en plusieurs étapes



Dans chaque couche-MAC, les entités-MAC réalisent la transmission des PDU-IP, en coopérant par la transmission de PDU-MAC par le médium



| No. | Time | Source | Destination | Protocol | Length | Info |
|------|------------|---------------|---------------|----------|--------|--|
| 126 | 1.449518 | 172.16.74.234 | 192.168.74.74 | DNS | 74 | Standard query 0x677f A x1.c.lencr.org |
| 127 | 1.451339 | 192.168.74.74 | 172.16.74.234 | DNS | 179 | Standard query response 0x677f A x1.c.lencr.org CNAME crl.root-x1.lets |
| 5283 | 101.144740 | 172.16.74.234 | 192.168.74.74 | DNS | 75 | Standard query 0x7bcb AAAA ssl.gstatic.com |
| 5284 | 101.146709 | 192.168.74.74 | 172.16.74.234 | DNS | 103 | Standard query response 0x7bcb AAAA ssl.gstatic.com AAAA 2a00:1450:400 |
| 6104 | 118.359901 | 172.16.74.234 | 192.168.74.74 | DNS | 95 | Standard query 0xc7d9 A addinsinstallation.store.office.com |
| 6105 | 118.361730 | 192.168.74.74 | 172.16.74.234 | DNS | 186 | Standard query response 0xc7d9 A addinsinstallation.store.office.com C |

```

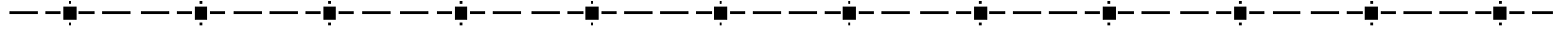
> Frame 126: 74 bytes on wire (592 bits), 74 bytes captured (592 bits) on interface \Device\NPF_{9730964D-AF57-4BED-B583-BF7882F6A9CF}, id 0
Ethernet II, Src: Dell_4b:58:fc (d8:9e:f3:4b:58:fc), Dst: Stormshi_1f:8a:7b (00:0d:b4:1f:8a:7b)
  > Destination: Stormshi_1f:8a:7b (00:0d:b4:1f:8a:7b)
  > Source: Dell_4b:58:fc (d8:9e:f3:4b:58:fc)
  Type: IPv4 (0x0800)
Internet Protocol Version 4, Src: 172.16.74.234, Dst: 192.168.74.74
User Datagram Protocol, Src Port: 49350, Dst Port: 53
  Source Port: 49350
  Destination Port: 53
  Length: 40
  Checksum: 0x0227 [unverified]
  [Checksum Status: Unverified]
  [Stream index: 8]
  > [Timestamps]
  UDP payload (32 bytes)
Domain Name System (query)
  Transaction ID: 0x677f
  > Flags: 0x0100 Standard query
  Questions: 1
  Answer RRs: 0
  Authority RRs: 0
  Additional RRs: 0
  > Queries
    [Response In: 127]

```

```

0000  00 0d b4 1f 8a 7b d8 9e f3 4b 58 fc 08 00 45 00  .....{..KX...E.
0010  00 3c f1 b3 00 00 80 11 00 00 ac 10 4a ea c0 a8  <.....J...
0020  4a 4a c0 c6 00 35 00 28 02 27 67 7f 01 00 00 01  JJ...5('g....
0030  00 00 00 00 00 00 02 78 31 01 63 05 6c 65 6e 63  .....x1.c.lenc
0040  72 03 6f 72 67 00 00 01 00 01                    r.org...

```



La Couche Physique

La couche physique

✦ Objectif :

- ◆ Relier deux éléments physiquement pour communiquer

✦ Technologie possible

- ◆ Signal électrique
- ◆ Onde lumineuse
- ◆ Onde électromagnétique

Chaque technologie a des avantages et des inconvénients

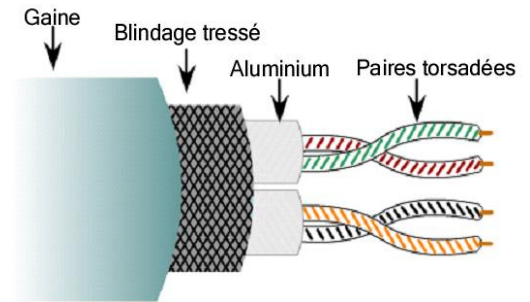
Types de médium (1)

Câble à paires torsadées blindées (STP : Shielded Twisted Pair)

- ◆ conducteurs de cuivre, isolés l'un de l'autre et enroulés de façon hélicoïdale autour de l'axe et protégés par de l'aluminium

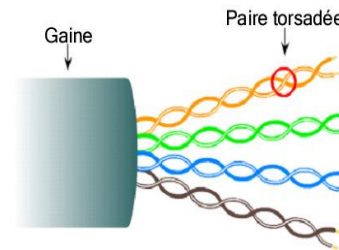
(torsade ->réduction du bruit électromagnétique)

- ◆ 2 ou 4 paires de fils
- ◆ BP = 500kHz, débit = 10 à 1000Mb/s
- ◆ Longueur de câble max : 100 m
- ◆ $T_e = 10^{-7}$ Coût : modéré



Câble à paires torsadées non blindées (UTP : Unshielded Twisted Pair)

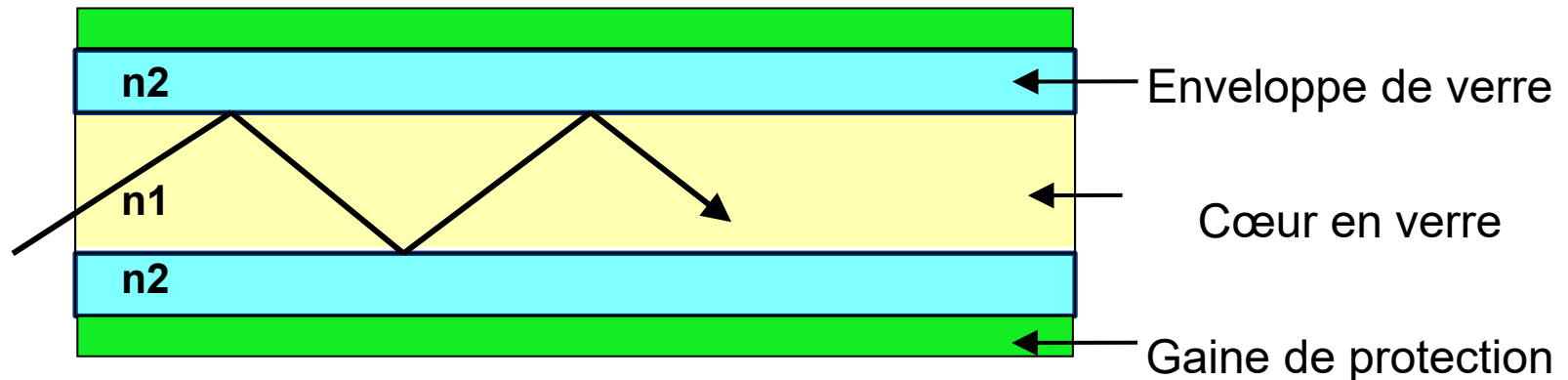
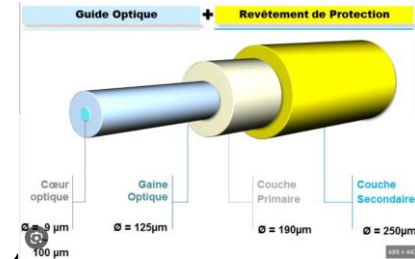
- ◆ 4 paires de fils
- ◆ BP = 500kHz, débit = 10 à 10Gb/s
- ◆ Longueur de câble max : 100 m
- ◆ Catégorie 2 (4Mb/s), 3 (10Mb/s), 4 (16Mb/s), 5 (100Mb/s), 5e(1Gb/s), 6 (10Gb/s), 7 (10Gb/s), 8 (40Gb/s) ... (diminue le taux d'erreurs)
- ◆ Coût : le moins onéreux



Types de médium (2)

La fibre optique :

- ◆ BP > 1 GHz, débit > 1 Tb/s, mode simplex
- ◆ distance = 10000 Kms.
- ◆ propagation de la lumière par réflexions successives sans perte
 - ◆ Indice de réfraction n_1 (cœur) > n_2 (enveloppe)
 - ◆ Angle d'incidence du rayon lumineux supérieur à l'angle critique du cœur et de l'enveloppe (pour éviter la réfraction)
- ◆ fibre monomode (un chemin, cœur = 10 microns, diamètre extérieure = 125 microns)
- ◆ fibre multimode (plusieurs chemins, cœur 50 microns, diamètre extérieure = 125 microns)
- ◆ Utilisation laser ou LED, aucun bruit électromagnétique
- ◆ Plusieurs longueurs d'onde possible dans une fibre



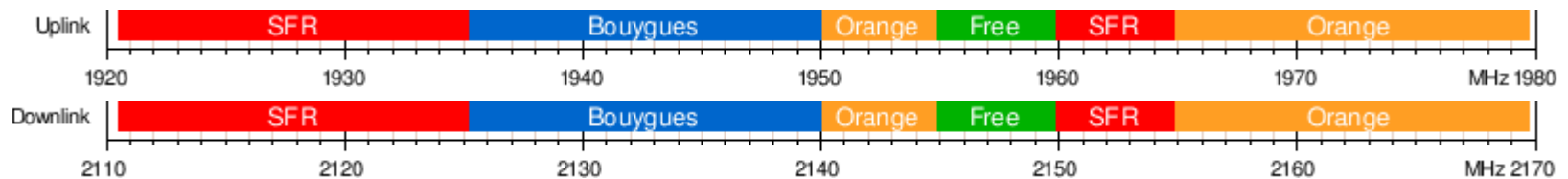
Types de médium (3)

Le Faisceau satellitaire :

- ◆ 40 GHz > BP > 400 MHz, débit = 140 Mb/s
- ◆ antenne directive vers satellite + relais sur terre
- ◆ satellite géostationnaire (à 36000 km de la terre)

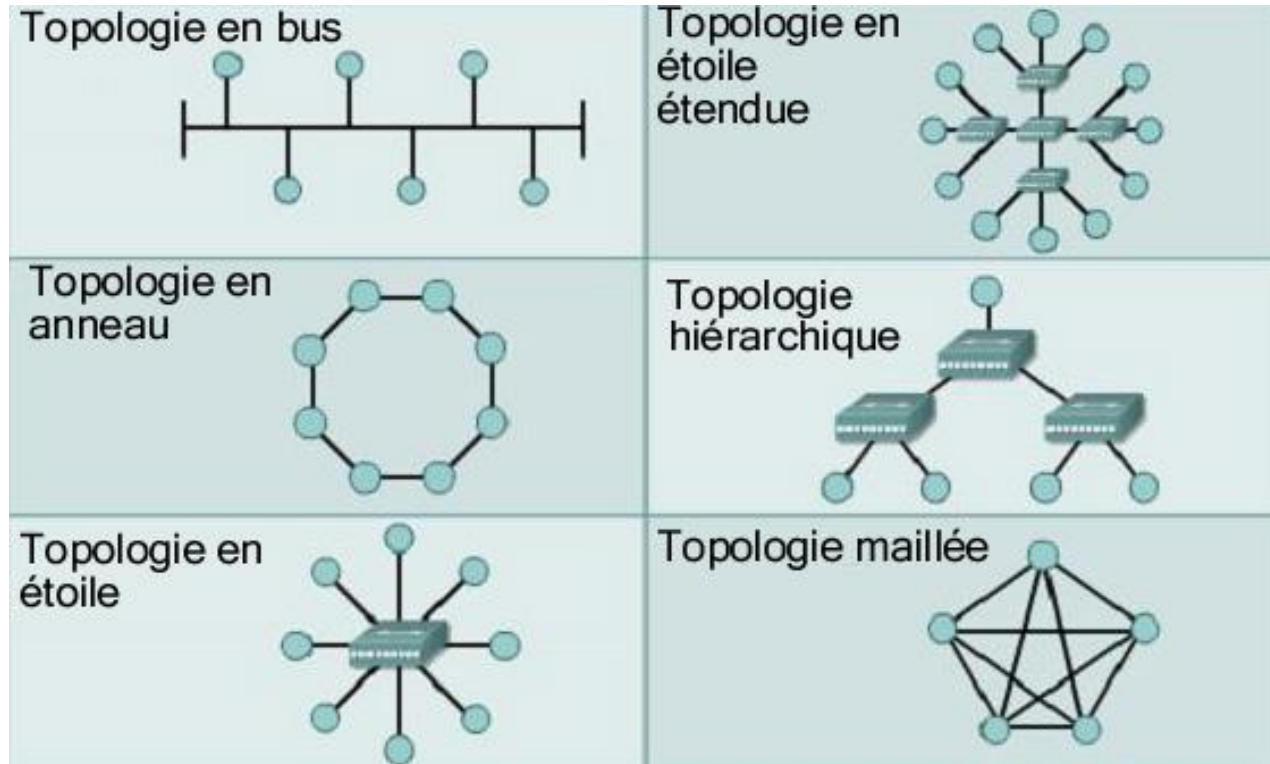
Le Faisceau Hertzien :

- ◆ BP limitée , utilisation bande ISM : Industrial, Scientific and Medical libre de droit (2,4 Ghz, 5 Ghz, 5,7Ghz,..)
Autre bande : 900 Mhz, 1800Mhz, ...700 Mhz, 800 Mhz, 1900 Mhz, 2100 Mhz...



- ◆ Débit : dépend de la norme utilisée et du mode d'accès aux fréquences (de 1MB/s à 300 MB/s)
- ◆ Distance : jusqu'à 200 m (diffusion circulaire) -> norme 802.11, Wifi, bluetooth, Zigbee,...
jusqu'à 50 km (point à point)
-> norme Wimax (abandonné en France)

Topologie



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 | moyen |
| 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 |