



Le Réseau



Comprendre les principes de bases
d'Internet

Comment fonctionne un réseau informatique



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 flux RSS, les wikis, les télécommandes, 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,...)
- ...

Questions



On a deux équipements réseaux : l'un à Issoire, l'autre à Sydney.



Comment faire pour que les données soient transmises ?

Listez tous les problèmes que vous pouvez avoir ?

Quels seraient les solutions que vous envisageriez ?

Quelques problèmes à résoudre

- ❏ La transmission du signal de médium en médium
 - changement de médium (fibre optique \leftrightarrow câble métallique, air \leftrightarrow 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 d'autres problèmes ...



Les modèles de référence

Le modèle de référence (1)

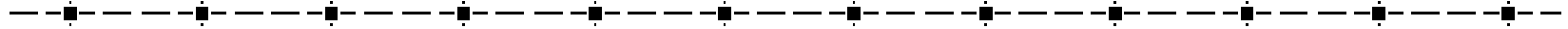
Modèle de référence pour l'interconnexion de systèmes ouverts (*Open System Interconnection Reference Model*)

- modèle fondé sur un principe simple énoncé par Jules César:
"Diviser pour mieux régner"
- le principe de base est la description des réseaux sous forme d'un ensemble de couches (fonctionnalité) superposées les unes aux autres. Chaque couche permet de régler au moins 1 problème.
- 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, et ne pas créer plus de couches que nécessaire (regroupe les problèmes similaires).*

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 la communication entre processus
4	Transport <i>Transport</i>	transfert de blocs d'octets entre des processus
3	Réseau <i>Network</i>	transfert de blocs d'octets entre des réseaux distants (pas forcément raccordés au même médium)
2	Liaison de données <i>Data Link</i>	transfert fiable de blocs d'octets entre systèmes situés sur le même réseau. (raccordés au même médium)
1	Physique <i>Physical</i>	transfert de bits entre systèmes raccordés au même support physique (même médium)

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
- conditions d'alimentation, ...

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

La couche 2 de l'OSI

✦ Couche Liaison de Données

- ✦ **objectif : Transfert de blocs d'octets entre 2 systèmes raccordés sur le même réseau, dans des trames**
- ✦ Transfert dans le bon ordre et sans multiplication
- ✦ Détection/ Correction d'erreurs
- ✦ Régulation de flux
- ✦ *Équipement utilisé : Commutateur (Switch)*

La couche 3 et 4 de l'OSI

Couche Réseau

- objectif : Transfert de blocs **d'octets sur des réseaux distincts**, 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)
- *Équipement utilisé* : routeur

Couche Transport

- objectif : 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
- Définition de points de reprise

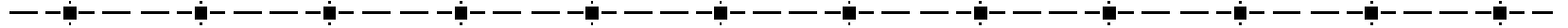
Couche Présentation

- 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 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 réseaux distants (pas forcément raccordés au même médium)

Accès Réseau	transfert fiable de blocs d'octets entre systèmes raccordés au même médium, c'est-à-dire sur le même réseau
--------------	---

Rem : pas besoin théoriquement de la couche 3 pour communiquer sur un 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

L'architecture - principe

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

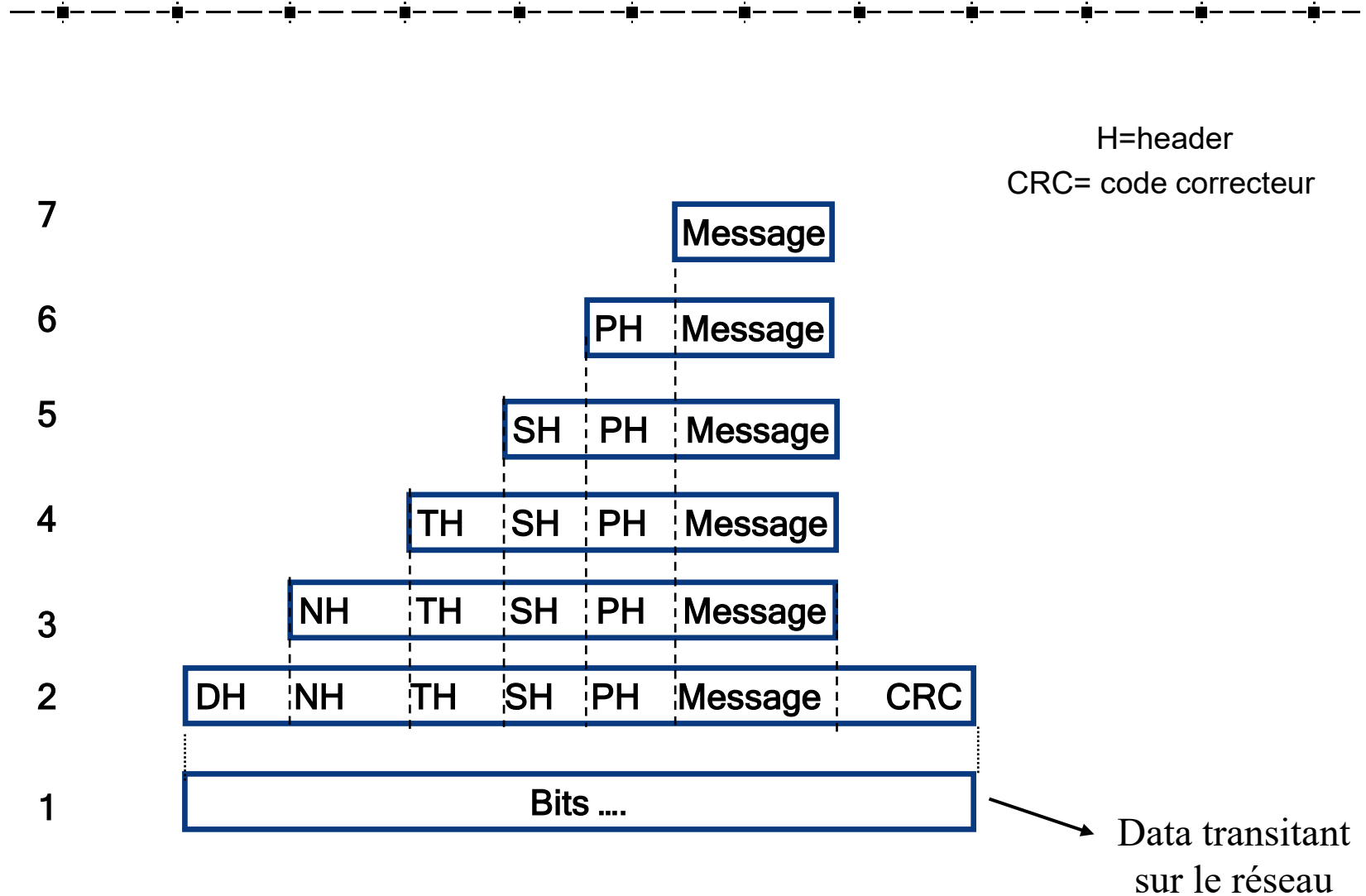
✦ Les conséquences

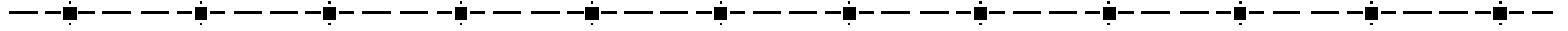
- ✦ le service de niveau N-1, utilisé par la couche de niveau N n'est pas visible des utilisateurs du service N
- ✦ les PDU du protocole de niveau N que les entités du fournisseur de service de niveau N ont à se transmettre sont **encapsulées** dans les PDU de niveau N-1

PDU de niveau N-1

PDU de niveau N

L'encapsulation





Vue globale

Définitions

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)
- ✧ Un destinataire (receiver)
- ✧ 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 : Ipng 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
1970 : Alohanet développé à Hawaï
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
1999 : WI-FI
2005 : UMTS alias 3G, VoIP
2008 : Wimax
2012 : début de la 4G (LTE)
2021 : début de la 5G
2022 : fin téléphonie classique
2025 : fin GSM

L'évolution du marché pour le 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

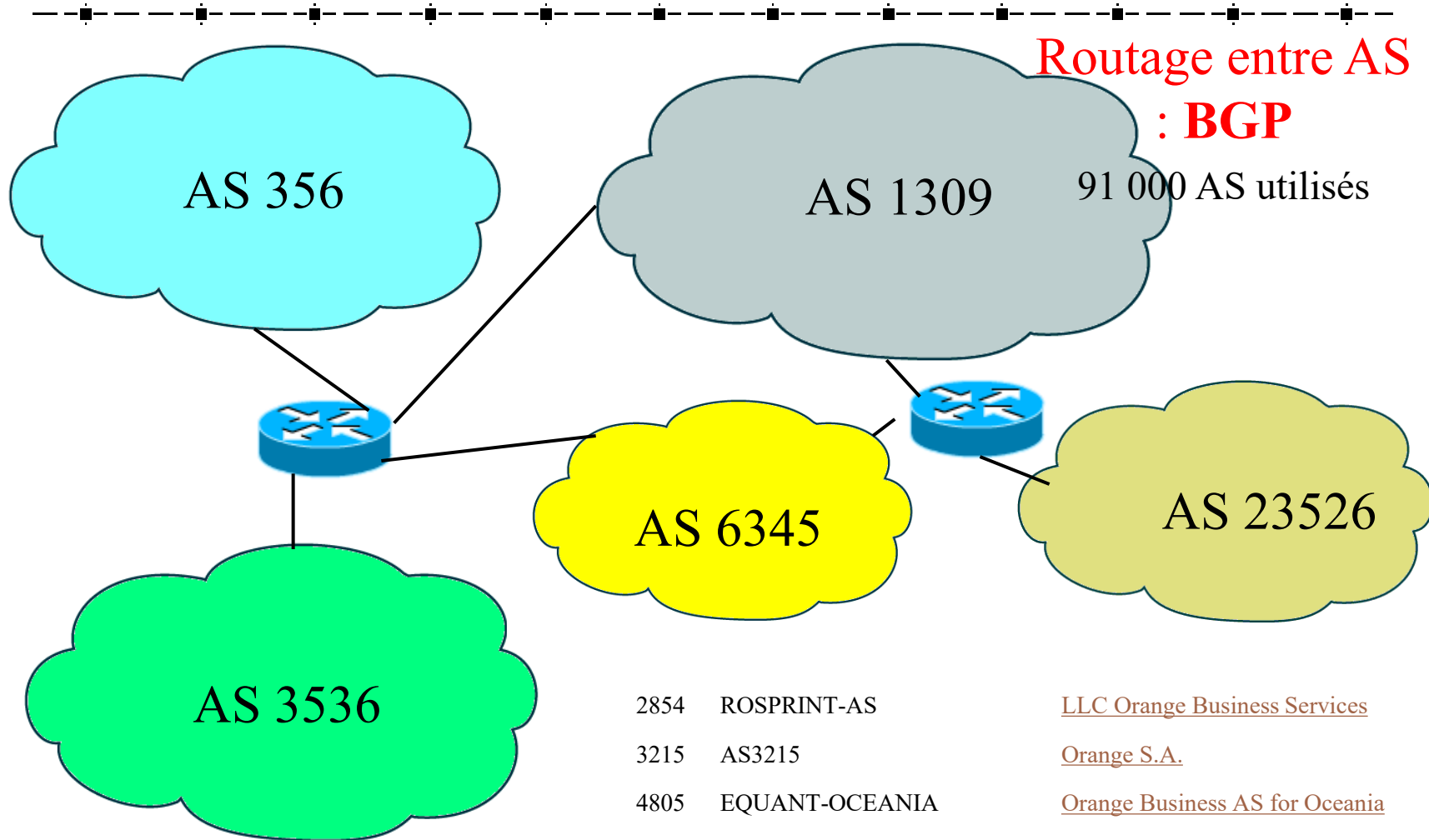
RFC traduites en français :

abcdrfc.free.fr



INTERNET

Internet (1)

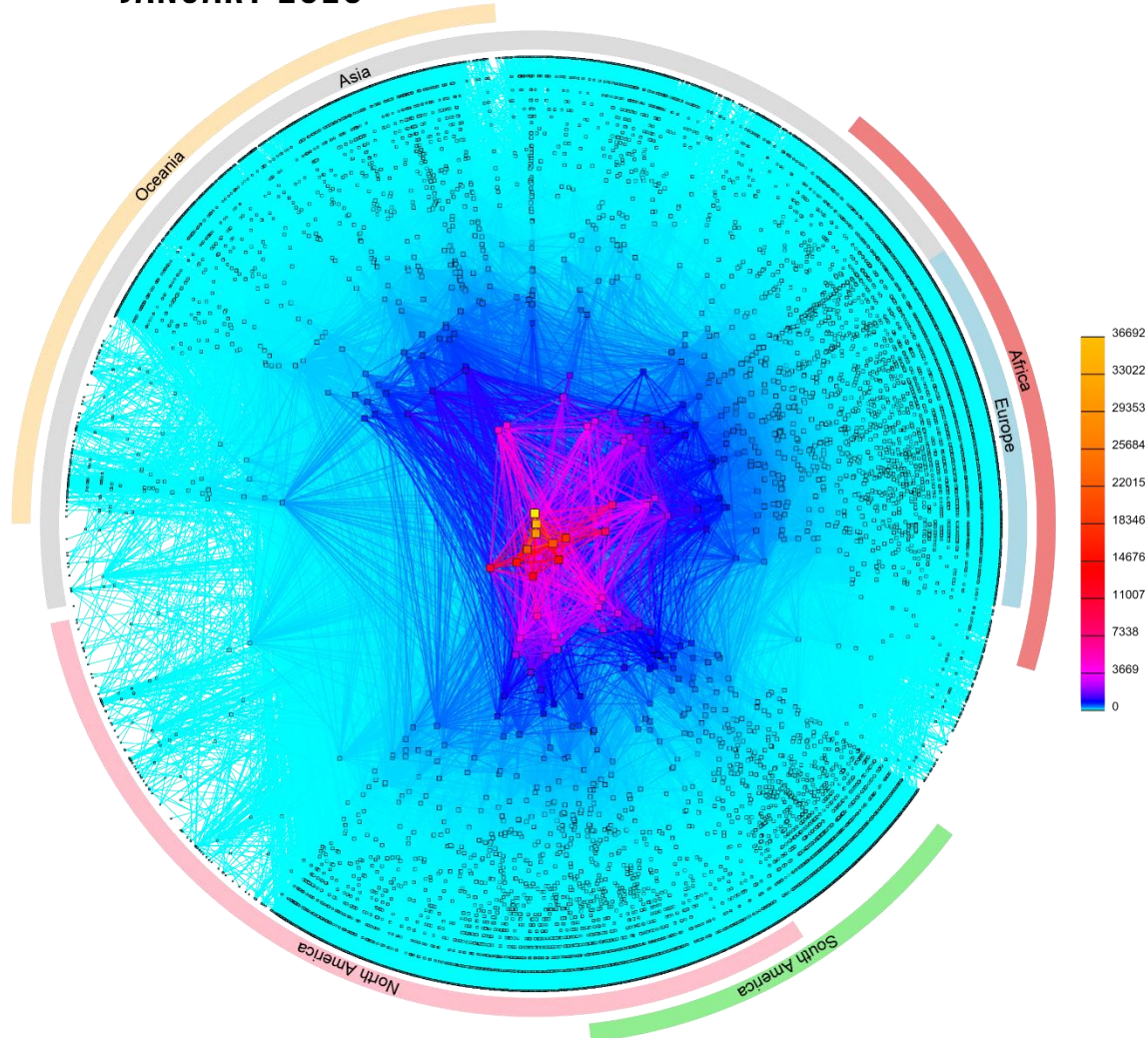


Visualisation AS

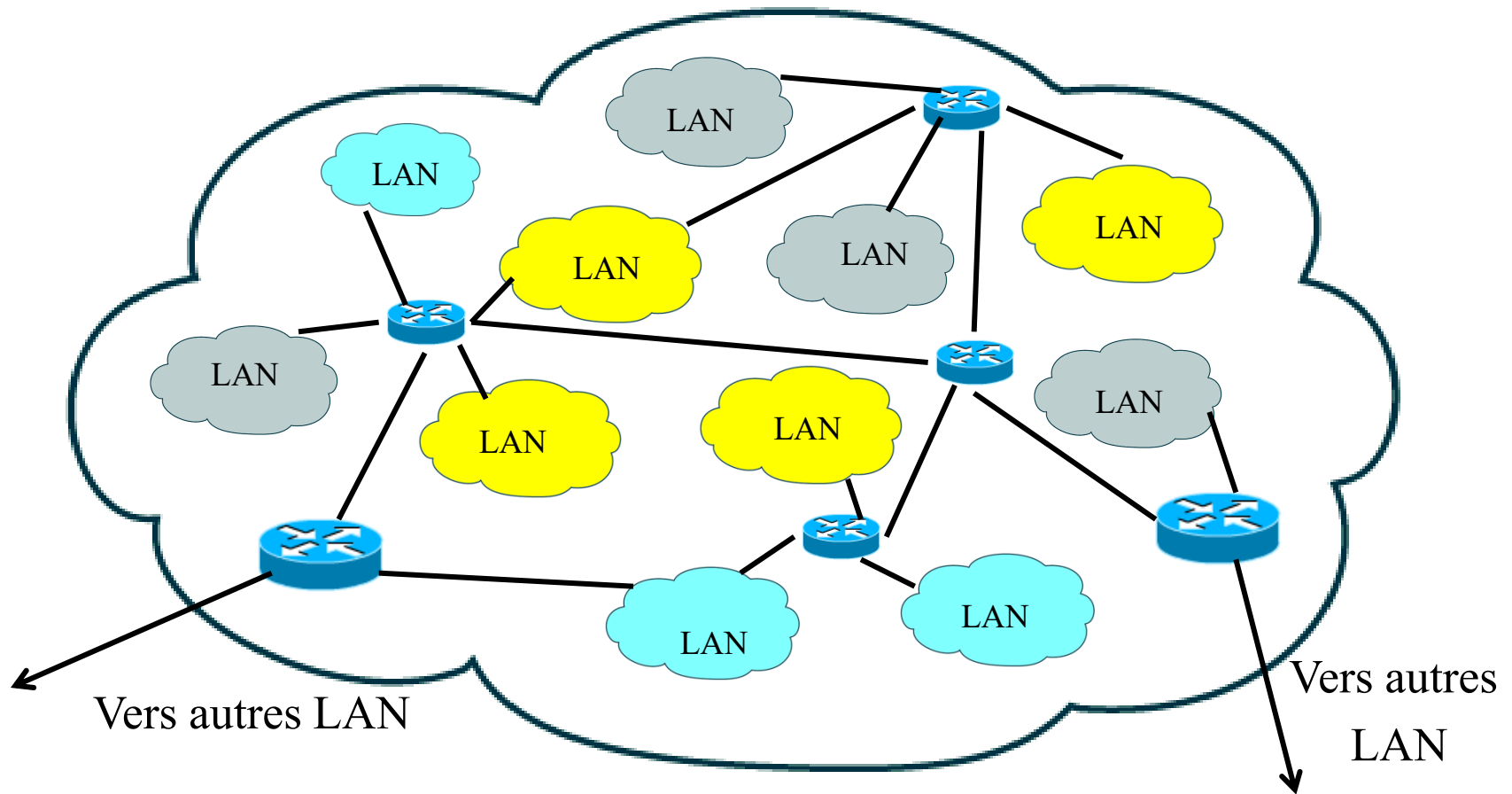
2854	ROSPRINT-AS	LLC Orange Business Services
3215	AS3215	Orange S.A.
4805	EQUANT-OCEANIA	Orange Business AS for Oceania
4861	GLOBAL-IP-KOREA-AS-AP	Orange Business
3256	UNSPECIFIED	Renater
4862	EQUANT-ASIA	Orange Business AS for Asia

Relation entre AS

CAIDA'S IPV4 AS CORE GRAPH
JANUARY 2020



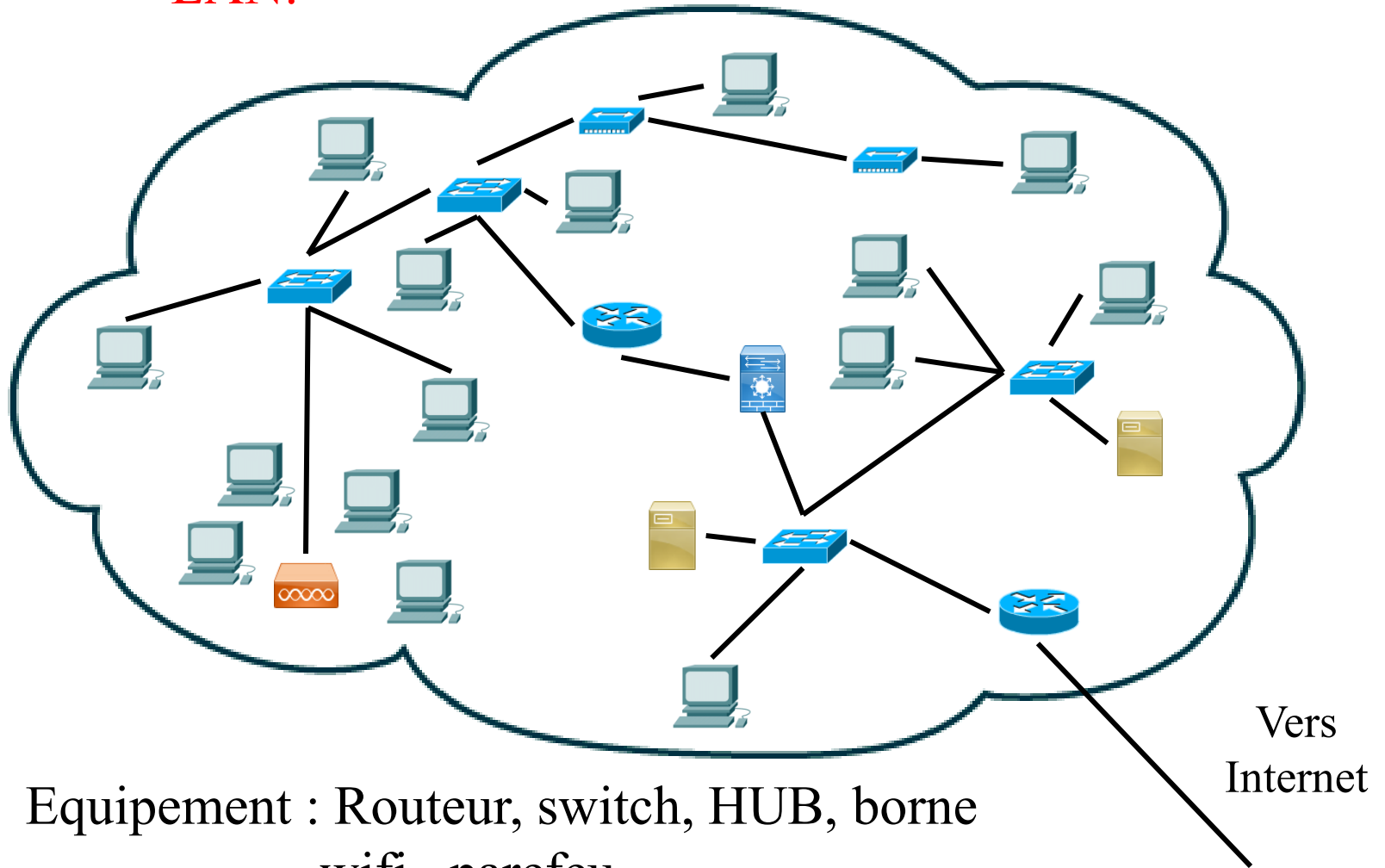
Internet (2)



Internet : relier les Lan entre eux via des routeurs

Internet (3)

LAN:

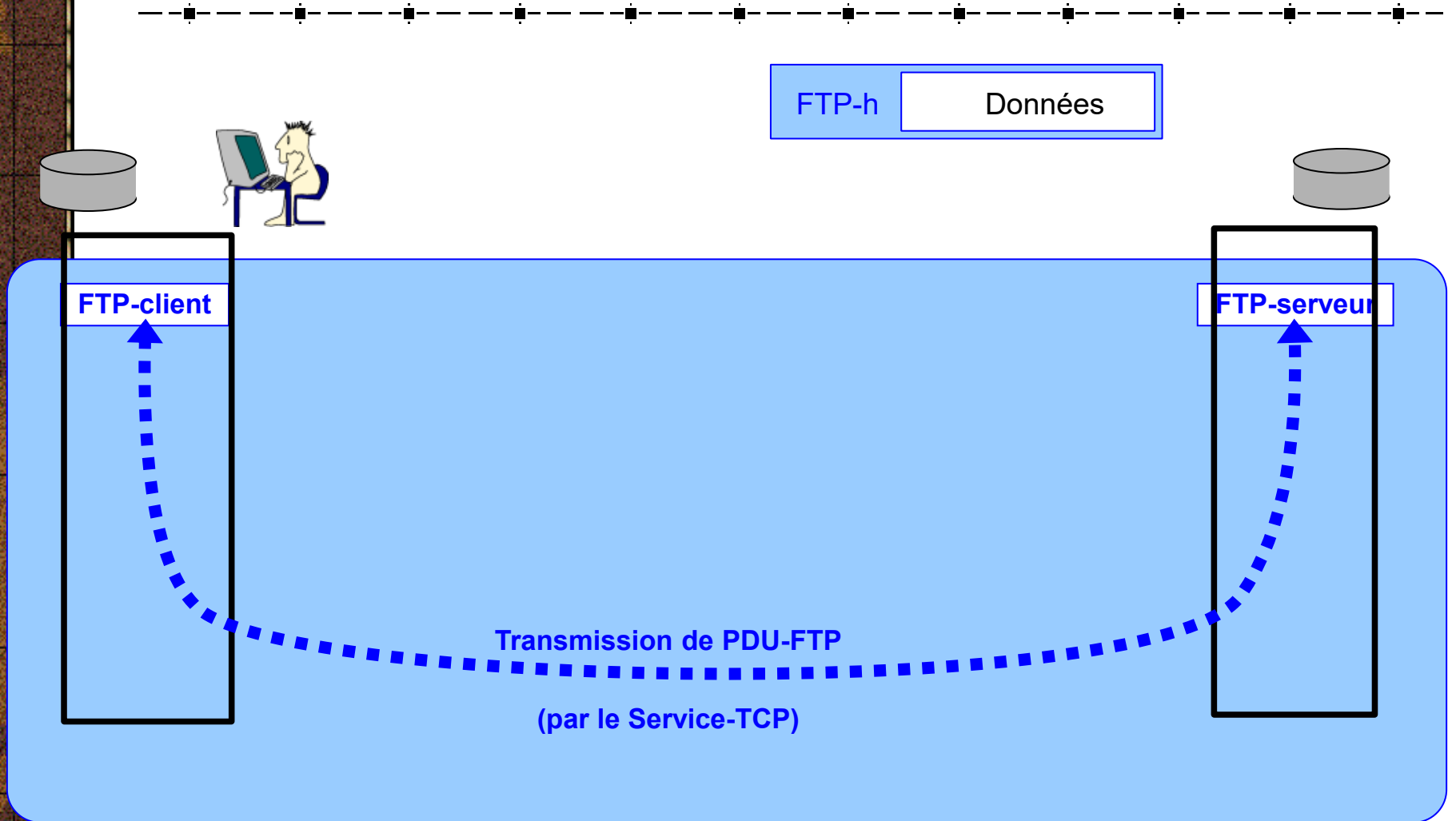


Equipement : Routeur, switch, HUB, borne
wifi, parefeu ...

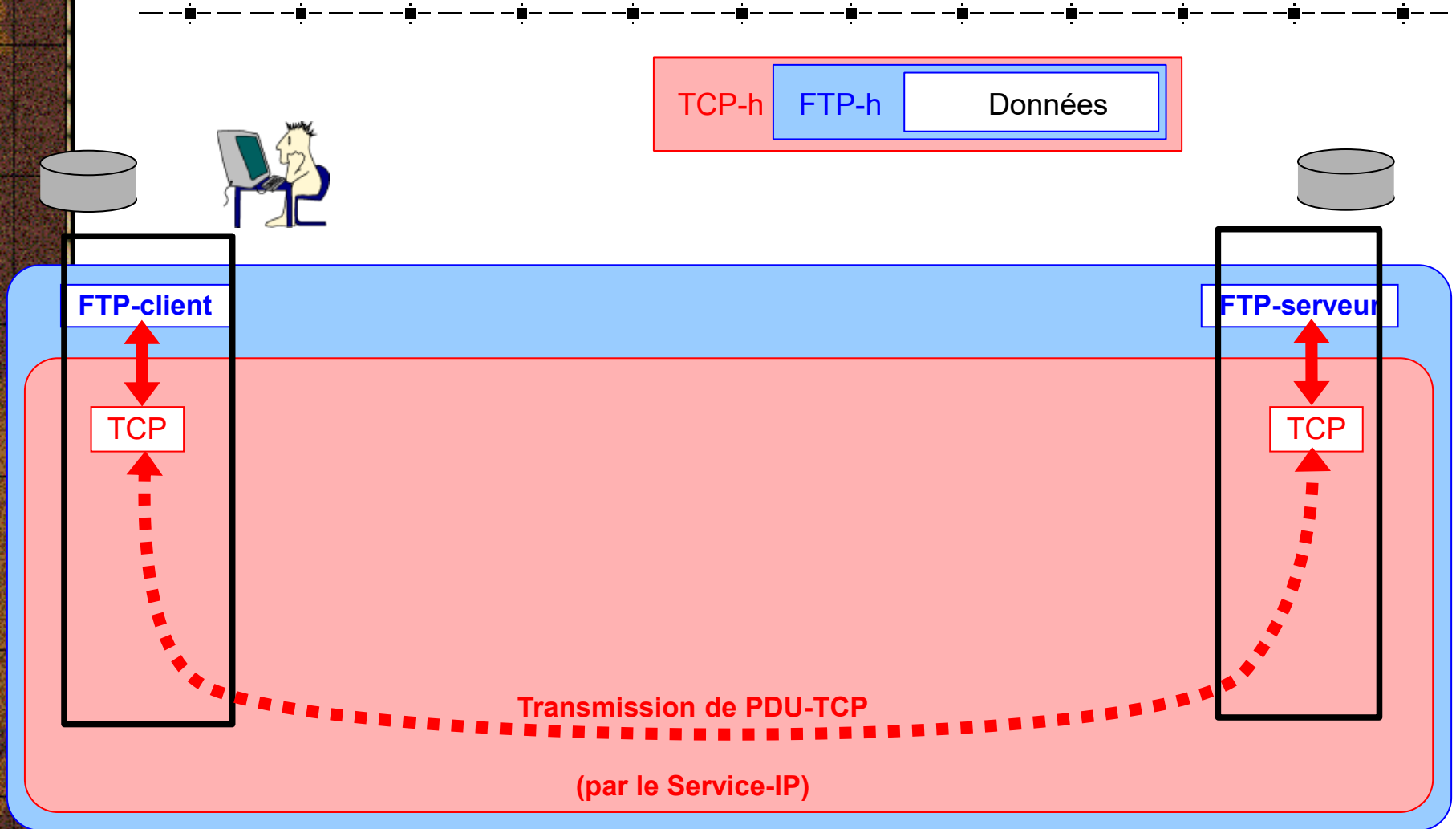


L'encapsulation : Application du modèle de référence sur FTP

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

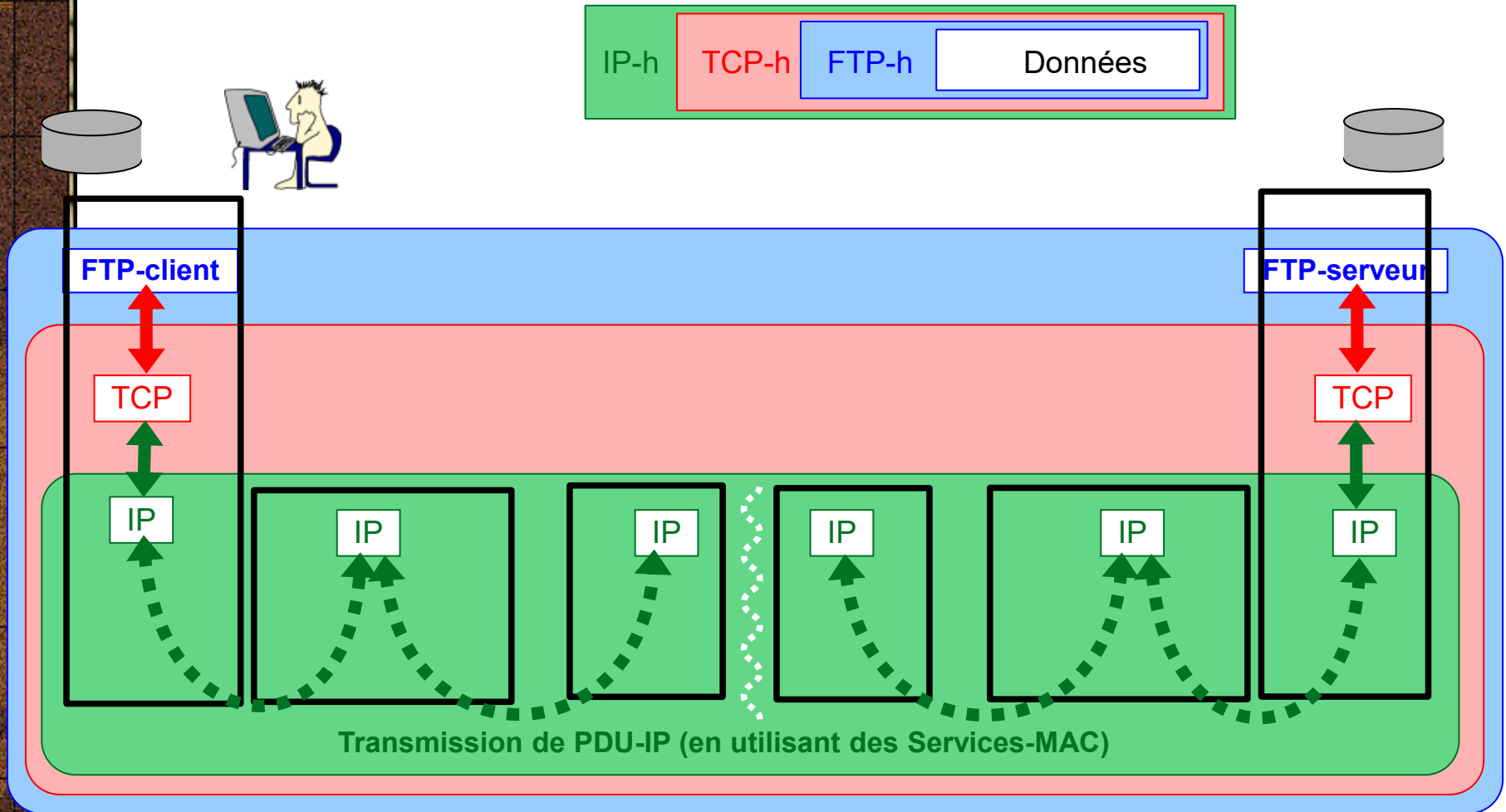


Les entités-TCP réalisent la transmission des PDU-FTP, en coopérant par la transmission de PDU-TCP

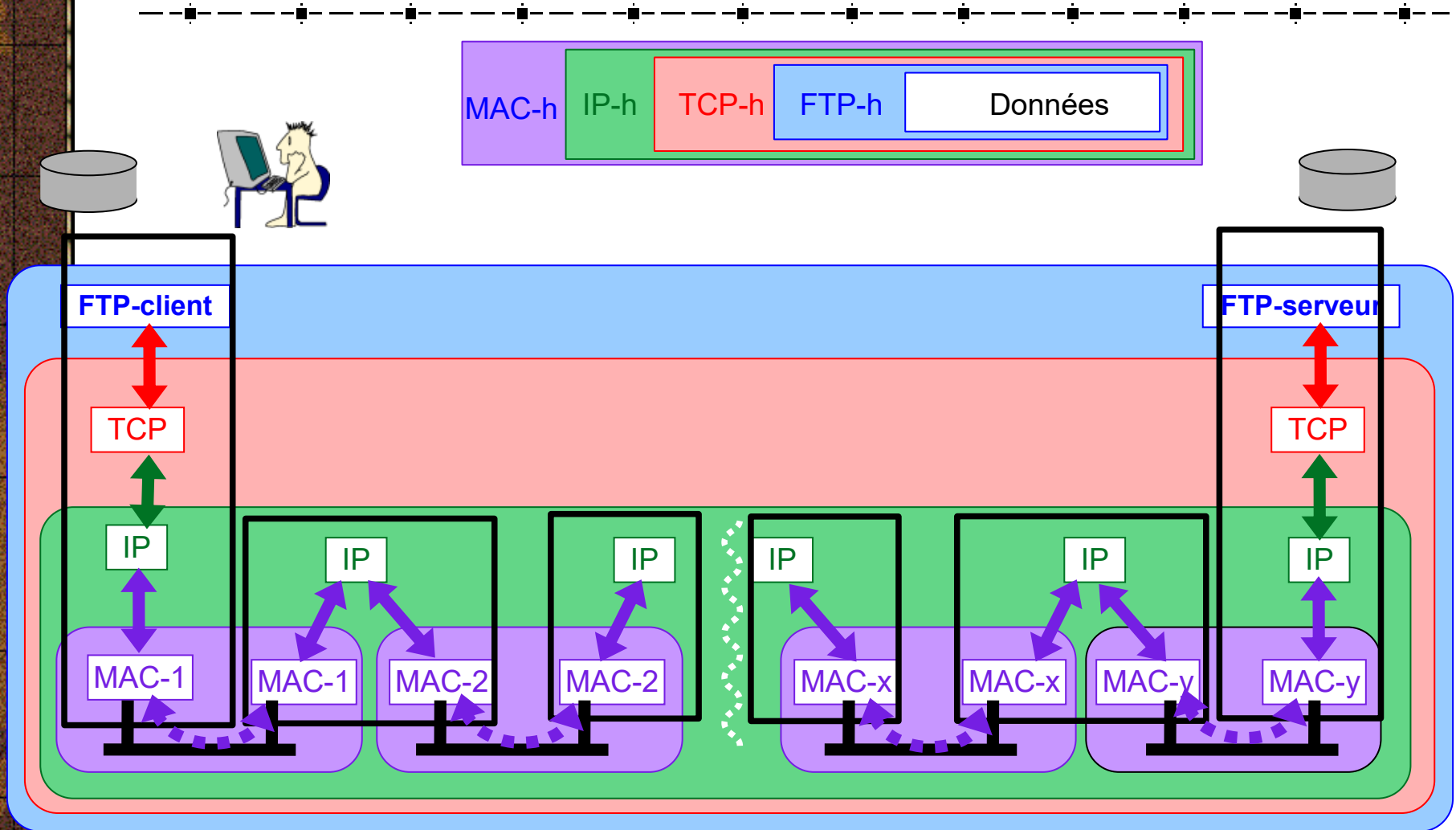


Les entités-IP réalisent la transmission des PDU-TCP, en coopérant par la transmission de PDU-IP

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



Plan général



Généralité et modèle de référence pour l'interconnexion des systèmes ouverts



Communications à l'intérieur d'un réseau (couches 1, 2, et MAC)

Couche physique
Ethernet, Wifi, SCADA



Couche Réseau : Routage et Internet Protocol (IP)

Adressage IP (v4/v6)
Notion de sous-réseaux/ VLAN
Routage statique et un peu dynamique



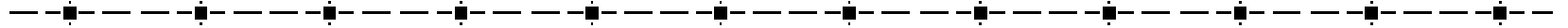
Couche Transport (TCP et UDP), et couche applicative

TCP et UDP
Quelques protocoles communs
Le DNS



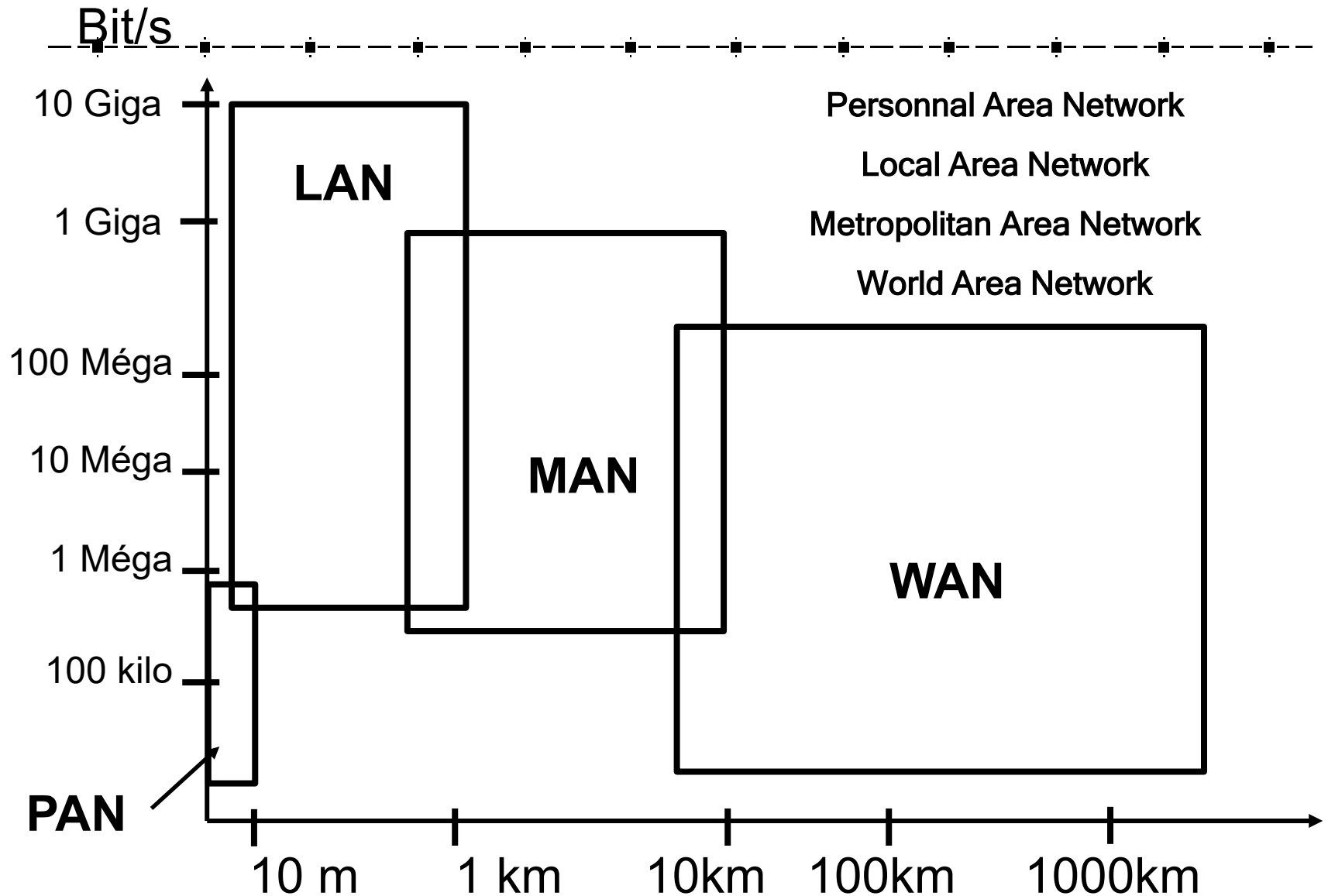
Sécurité d'un réseau

Parefeu, Proxy, NAT
HTTP/HTTPS, certificat



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



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 ...



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

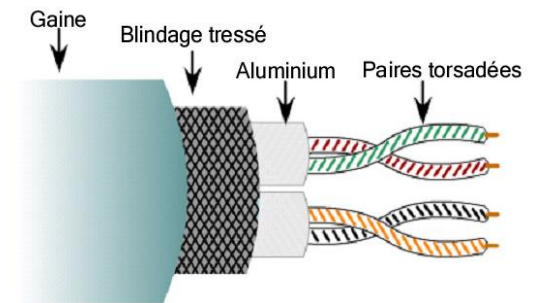
Types de médium (1)

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

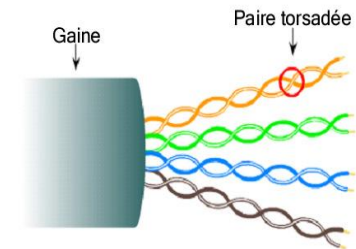
(torsade ->réduction du bruit électromagnétique)

- ◆ 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)

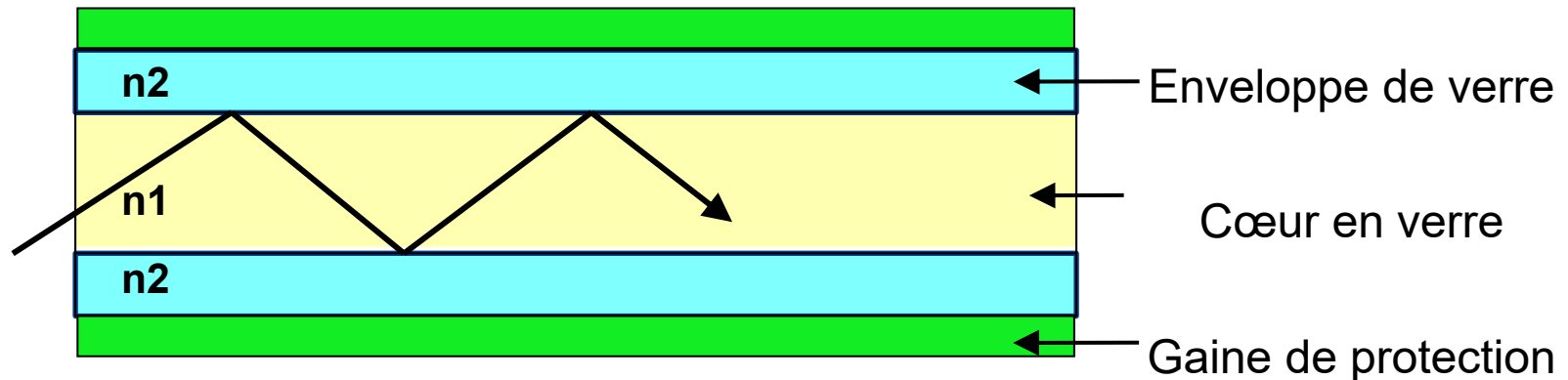
- ◆ 4 paires de fils
- ◆ BP = 500kHz, débit = 10 à 10Gb/s
- ◆ Longueur de câble max : 100 m
- ◆ Catégorie 2 (4Mb/s), 3 (10Mb/s), 4 (16Mb/s), 5 (100Mb/s), 5e(1Gb/s), 6 (10Gb/s), 7 (10Gb/s), 8 (40Gb/s) ... (diminue le taux d'erreurs)
- ◆ Coût : le moins onéreux



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 (coeur) > n_2 (enveloppe)
 - ◆ Angle d'incidence du rayon lumineux supérieur à l'angle critique du coeur et de l'enveloppe (pour éviter la réfraction)
- ◆ fibre monomode (un chemin, coeur = 10 microns, diamètre extérieure = 125 microns)
- ◆ fibre multimode (plusieurs chemins, coeur 50 microns, diamètre extérieure = 125 microns)
- ◆ Utilisation laser ou LED, aucun bruit électromagnétique
- ◆ Plusieurs longueurs d'onde possible dans une fibre



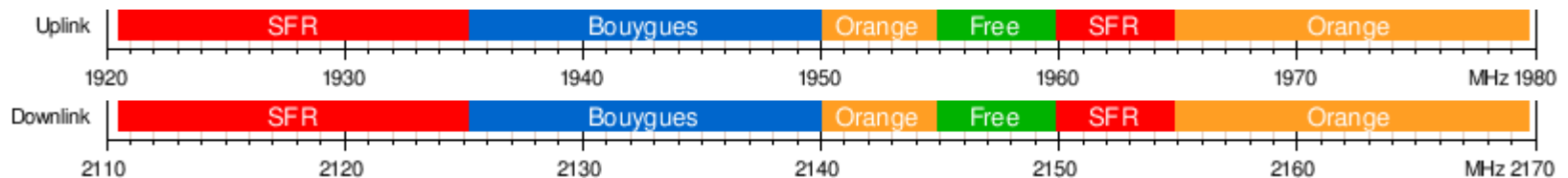
Types de médium (3)

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

(Pourquoi maximum = 50 km ?)

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
fibres optiques	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