



R109 – Initiation aux réseaux d'entreprise

Licence Pro Rob&IA

Nicolas MENDEZ – Laurent ROY



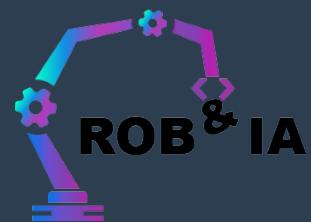
Objectifs

- **PARTIE 1 (sept-octobre) – 3h de cours ; 6h de TP**
 - Appréhender la structure et le fonctionnement d'un système informatique, Initiation à l'administration d'un OS Linux,
 - Comprendre les mécanismes permettant de communiquer avec l'extérieur, liens avec les réseaux informatiques.
- **PARTIE 2 (nov-déc-janv) – 10h de cours ; 14h de TP**
 - Apprendre les règles d'adressage IPv4 et comprendre le rôle d'une passerelle ,
 - Connaître la structure d'un réseau d'entreprise, Modèle OSI,
 - Protocoles ARP / IP / ICMP / TCP / UDP



Plan du cours

- **Première partie : Initiation aux systèmes informatiques Linux**
 - 1) Introduction à l'informatique. Principe d'un OS.
 - 2) Linux : Un bref historique
 - 3) Notion des principales commandes mkdir ; cd ; cp ; mv ; ps ; kill ...
 - 4) Gestion des utilisateurs et des droits
 - 5) Lien avec les réseaux informatiques



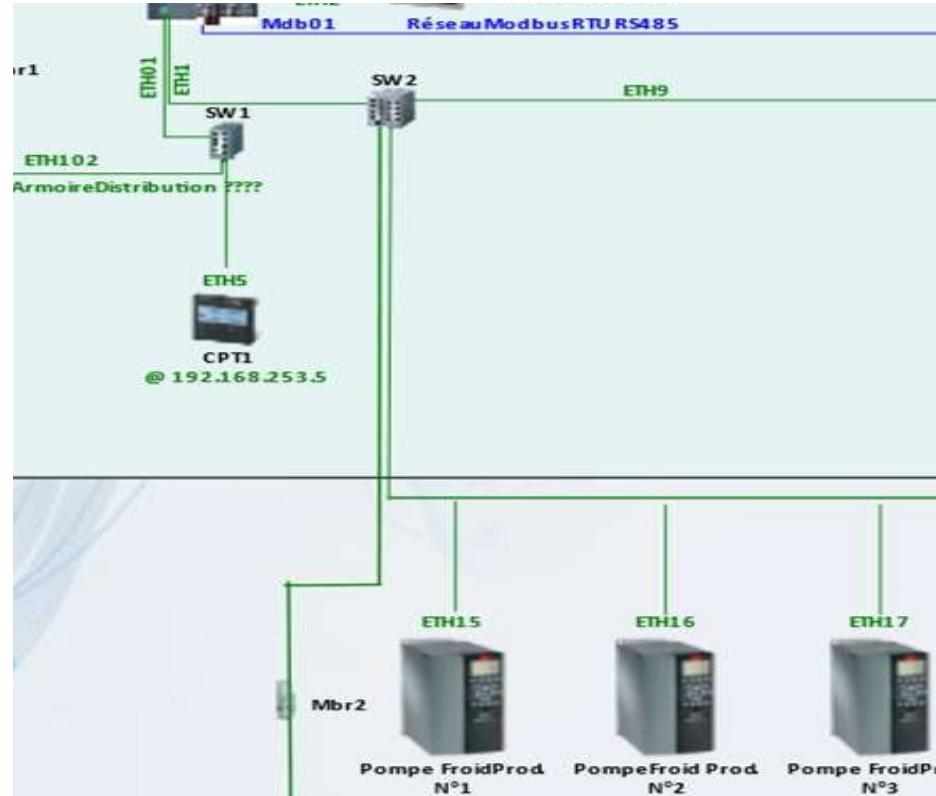
Plan du cours

- **Deuxième partie : Initiation aux réseaux d'entreprise**
 - 1) IPv4 ; configuration cartes réseaux ; rôle d'une passerelle,
 - 2) Modèles OSI
 - 3) Analyse de protocoles
 - a) Couche 2 : Adresses MAC ; protocole ARP
 - b) Couche 3 : protocoles IP, ICMP
 - c) Couche 4 : protocoles TCP et UDP
 - 4) Topologie des réseaux

Cours
Inversés

II-1 Adressage IPv4

- Pour toute communication, il faut une adresse :**
 - Sur une lettre, un email, 
 - Numéro de portable, 
 - ...
- Sur Internet, et dans les réseaux locaux la communication se fait en utilisant des adresses IP**





II-1 Adressage IPv4

• Bref Historique d'Internet

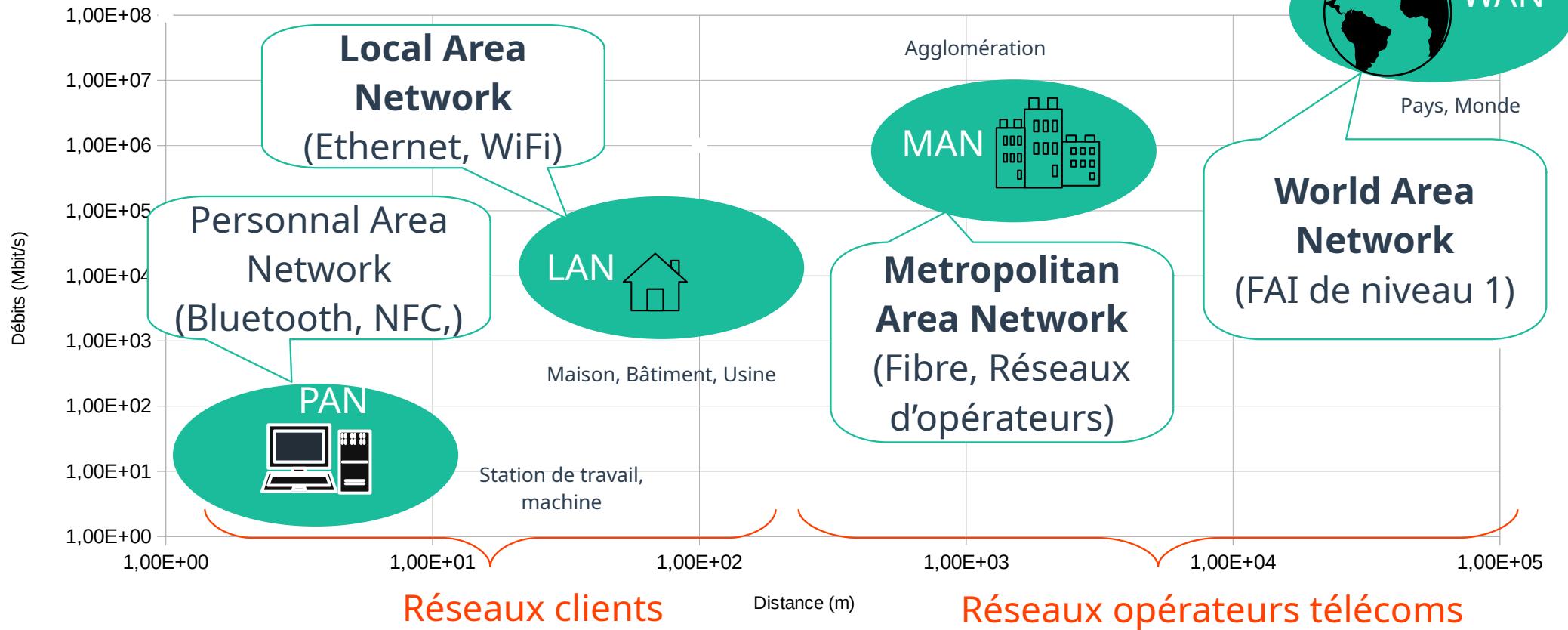
Advanced Research Project
Agency

Departement of Defense / USA

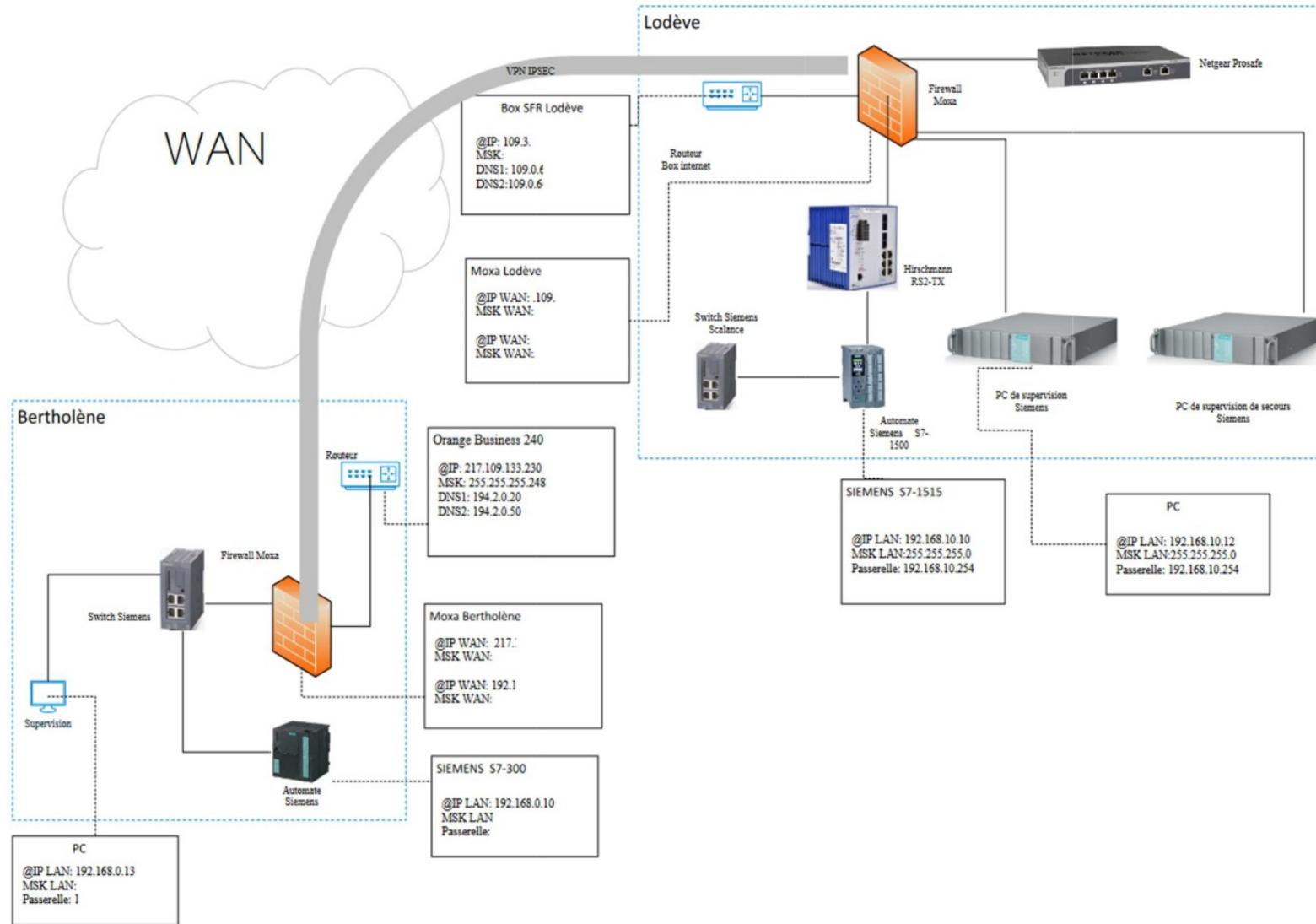
- 1967 : Larry Roberts (ARPA un département du DoD) propose un réseau distribué : l'ARPAnet. 4 nœuds sont créés entre 4 Universités Américaines (UCLA, UCSB, Stanford, Utah). Le 1^{er} message est envoyé sur le réseau le 29 octobre 1969.
- Début des années 1970 : l'Université de Berkeley développe les "sockets" et met au point les protocoles TCP/IP,
Computer Science Net
- 1981 : CSNet : permet à des laboratoires non affiliés au DoD d'accéder au réseau,
- Années 80 : mis en place d'un DNS car trop d'adresses à retenir,
- Années 90 : début de l'utilisation commerciale,
- 1989 : Tim Barners Lee invente le world wide web (www). 1994 - première conférence au CERN organisée par le W3c.

II-1 Adressage IPv4

- Internet connecte des réseaux très différents**



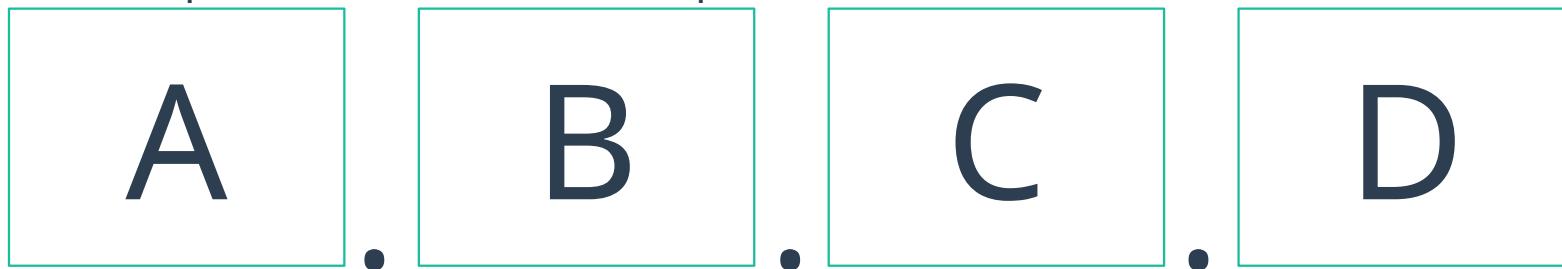
Autre exemple : des parties d'usine situés sur différentes implantations (et donc différents LAN) et qui doivent communiquer entre elles



II-1 Adressage IPv4

- **Les adresses IPs dans le détail**

- Composées de **4 octets**
- Séparés par des points
- Chaque **valeur** (A, B, C, D) comprise **entre 0 et 255**



- Exemples :
 - 192.168.1.1 (généralement adresse de votre box)
 - 8.8.8.8 (serveur de nom public de Google)

Un peu de numération

- **Au fait, un octet : c'est quoi ?**

- Composé de 8 bits (BInary digiT)
- 1 bit a pour valeur 0 ou 1 (base 2)
- Chaque bit est pondéré (identique unité, dizaine, centaine ... mais en base 2)

Base **10** : Nombre : 357

0 millier ($1000 = 10^3$)
3 centaines ($100 = 10^2$)
5 dizaines ($10 = 10^1$)
7 unités ($1 = 10^0$)

Base **2** : Nombre : 1001

1 "millier" (= 2^3)
0 "centaine" (= 2^2)
0 "dizaines" (= 2^1)
1 "unités" (= 2^0)

Un peu de numération

- **Exemple :**

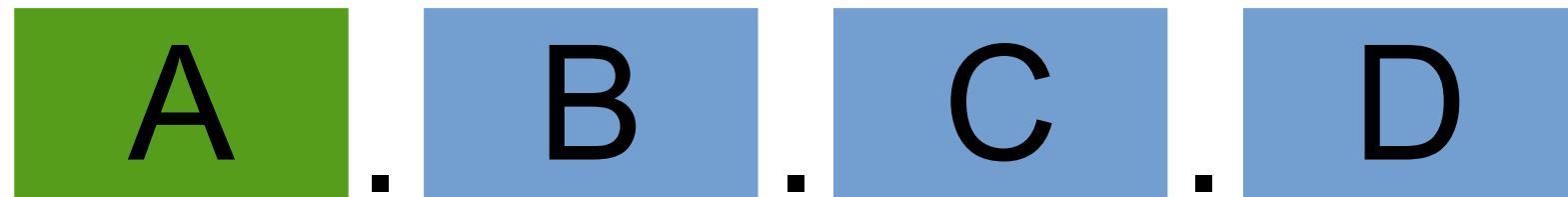
Poids	2^7	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0
valeur	128	64	32	16	8	4	2	1
bits	1	0	1	1	0	0	1	0

- Valeur : $0*1 + 1*2 + 0*4 + 0*8 + 1*16 + 1*32 + 0*64 + 1*128$
= 178

Découpage des adresses IPv4

- **2 parties dans l'adresse :**

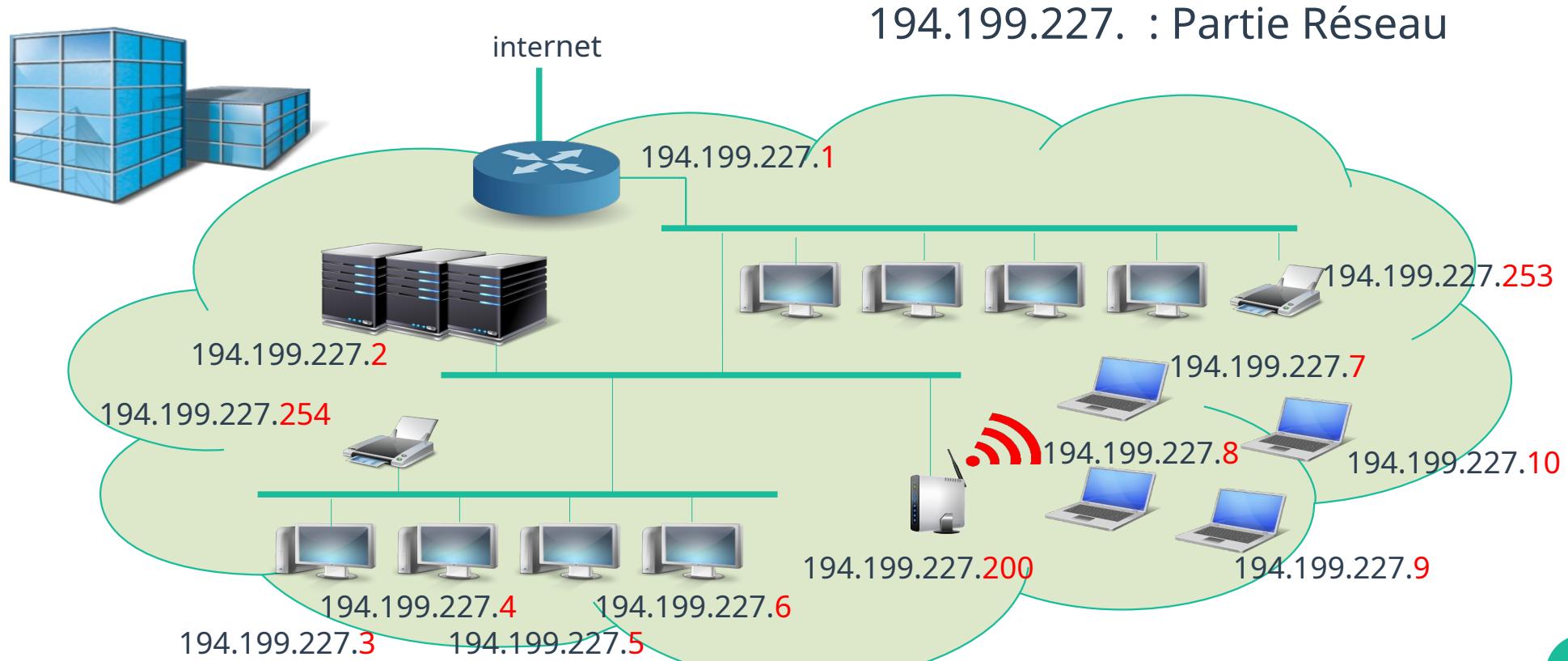
- Partie Réseau : identifie le réseau global (quelle entreprise ?)
- Partie Hôte : identifie un équipement (quelle machine?)
- Ordre : Réseau puis Hôte :



Réseau

Hôte

Exemple



Ce qu'il ne faut pas faire ...

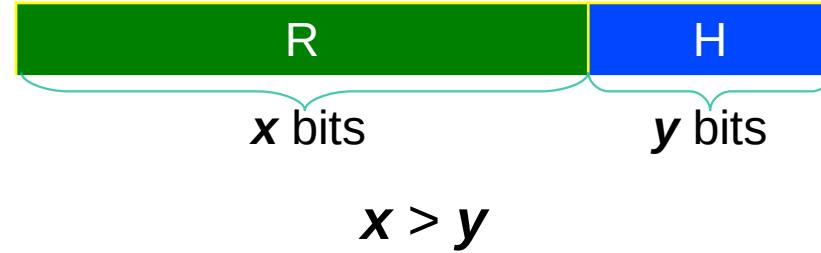
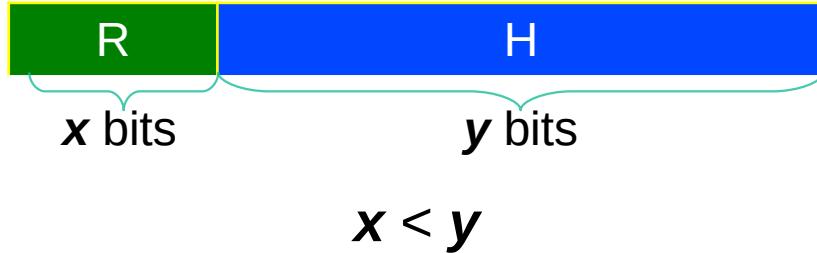


Où faut-il couper l'adresse IP ?

- En fonction des besoins

- Peu de réseaux
- Beaucoup d'hôtes

- Beaucoup de réseaux
- peu d'hôtes

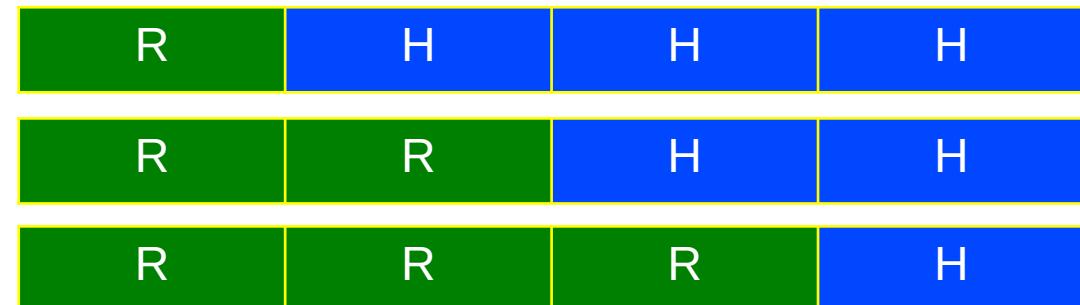


Dans tous les cas $x+y = 32$ bits

Classes d'adresses

- Avant 1993, on distinguait 4 classes d'adresses

- Classe A : R sur 1 octet
- Classe B : R sur 2 octets
- Classe C : R sur 3 octets



- Ne permet pas d'optimiser suffisamment l'attribution d'adresses

Notation CIDR (Classless Inter Domain Routing)

- Pour différencier l'adresse réseau de l'adresse hôte dans l'adresse IP, on la fait suivre :
 - d'un "slash" (/)
 - de la longueur en décimal de la partie réseau de l'adresse
- Exemple 1 : adresse réseau d'un PC
d'adresse IP **192.168.56.3/24**
 - → Longueur de l'adresse réseau : 24 bits = 3 octets
 - → l'adresse IP se décompose ainsi : **192.168.56.3**

→ L'adresse du réseau vaut **192.168.56.0**

Notation CIDR (Classless Inter Domain Routing)

- Exemple 2 : Un PC dispose de l'adresse 172.17.231.145/22

→ Longueur de la partie réseau de l'@: 22 bits : pas un multiple de 8 ! → moins simple

→ On doit convertir l'adresse en binaire :

172	17	231	145
10101100	00010001	11100111	10010001

L'adresse IP en binaire : 10101100000100011110011110010001

Partie réseau de l'adresse IP (22 premiers bits)

→ On complète l'adresse en binaire : 1010110000010001111001000000000000

→ On refait la conversion en décimal

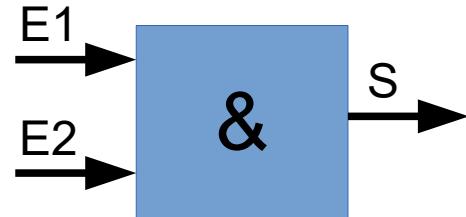
Par convention,
on complète
l'adresse réseau
par des zéros

<u>10101100</u>	<u>00010001</u>	<u>11100100</u>	00000000
172	17	228	0

→ L'adresse du réseau vaut 172.17.228.0

Masque de réseau

- Les cartes réseaux utilisent un "ET" logique pour déterminer l'adresse du réseau d'une machine :
 - <@machine> ET logique <@ Masque>
 - Rappel sur le ET logique :



E1	E2	S
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Masque de réseau

- Exemple 1 précédent**

addr IP machine	1 1 0 0 0 0 0 0 1 0 1 0 1 0 0 0 0 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1	192.168.56.3 & 255.255.255.0 (ou "/24") =
Masque réseau	1 0 0 0 0 0 0 0 0	192.168.56.0
addr IP réseau	1 1 0 0 0 0 0 0 1 0 1 0 1 0 0 0 0 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	

Le masque met à "0" tous les bits de la partie "hôte" de l'adresse

Masque de réseau

- Exemple 2 précédent

addr IP machine	1010110000010001110011110010001	172.17.231.145 & 255.255.252.0 (ou "/22") =
Masque réseau	1111111111111111111111110000000000	
addr IP réseau	1010110000010001110010000000000	172.17.228.0

Le masque met à "0" tous les bits de la partie "hôte" de l'adresse

Importance du masque

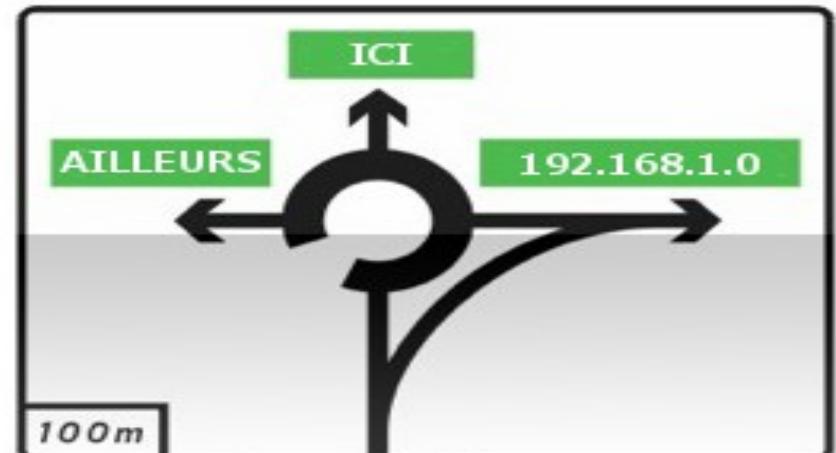
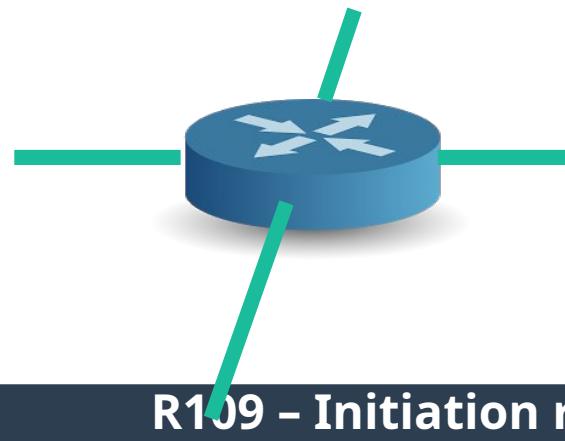
- Aussi important que l'adresse
- Sans masque :
 - Méconnaissance du réseau de la machine
 - Processus qui en ont besoin
 - Masque par défaut attribué ... pas forcément bon ...
 - Demo ...



Adresses réservées

L'adresse du réseau

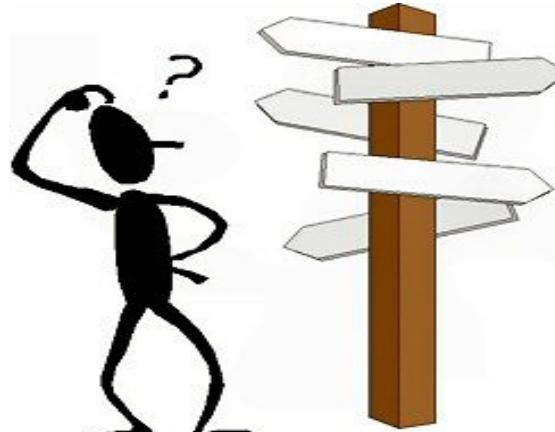
- Utilisé pour le chemin vers un réseau (simple)
- Première adresse du réseau
- IUT : 194.199.224.0



Adresses réservées

L'adresse de diffusion

- Joindre toutes les machine d'un réseau
- Dernière adresse du réseau
- Utile quand on ne sait pas à qui envoyer le message
- IUT : 194.199.224.**255**





Autres adresses réservées

- Voir **RFC 5735 (Request For Comments)**
 - 127.0.0.1 adresse boucle locale
 - 169.254.X.Y : 2 machines reliées directement
 - ...

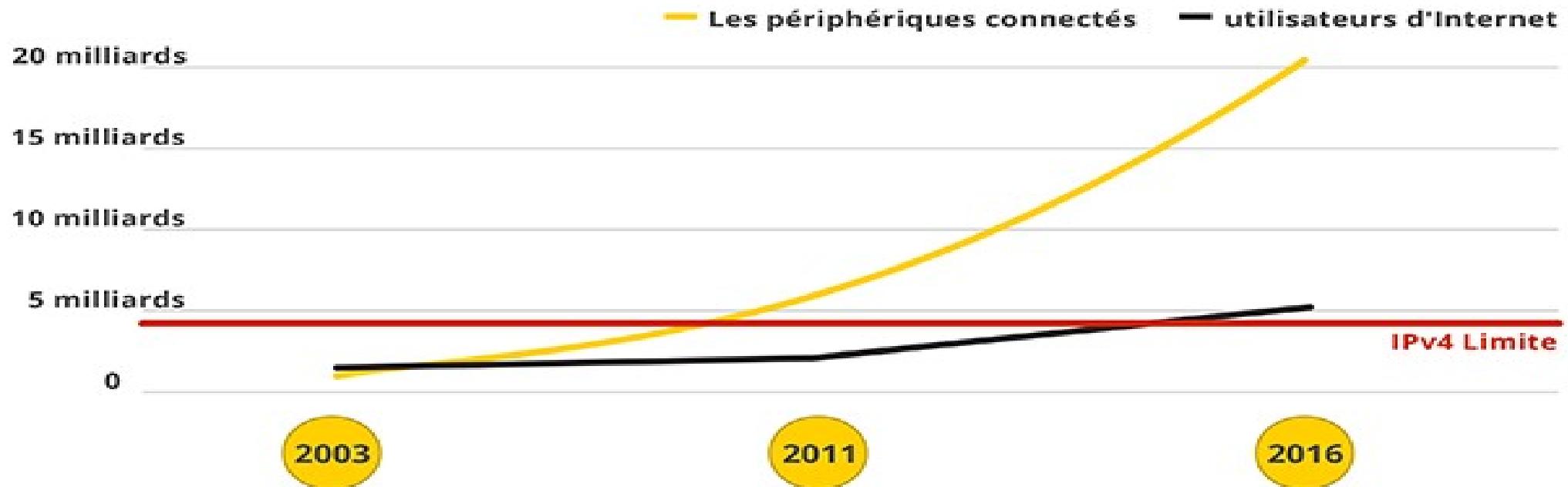


Adresses privées / publiques

- **Adresses privées**
 - Pour réseaux internes (IUT, intranet)
 - Adresses privées par classes
 - Classe A : 10.0.0.0 → 10.255.255.255
 - Classe B : 172.16.0.0 → 172.31.255.255
 - Classe C : 192.168.1.0 → 192.168.255.255
 - Ne peuvent pas sortir sur internet
- **Adresses publiques**
 - **Visibles sur l'Internet** (serveurs web, etc)
 - Toutes les autres adresses

Intérêt des adresses privées

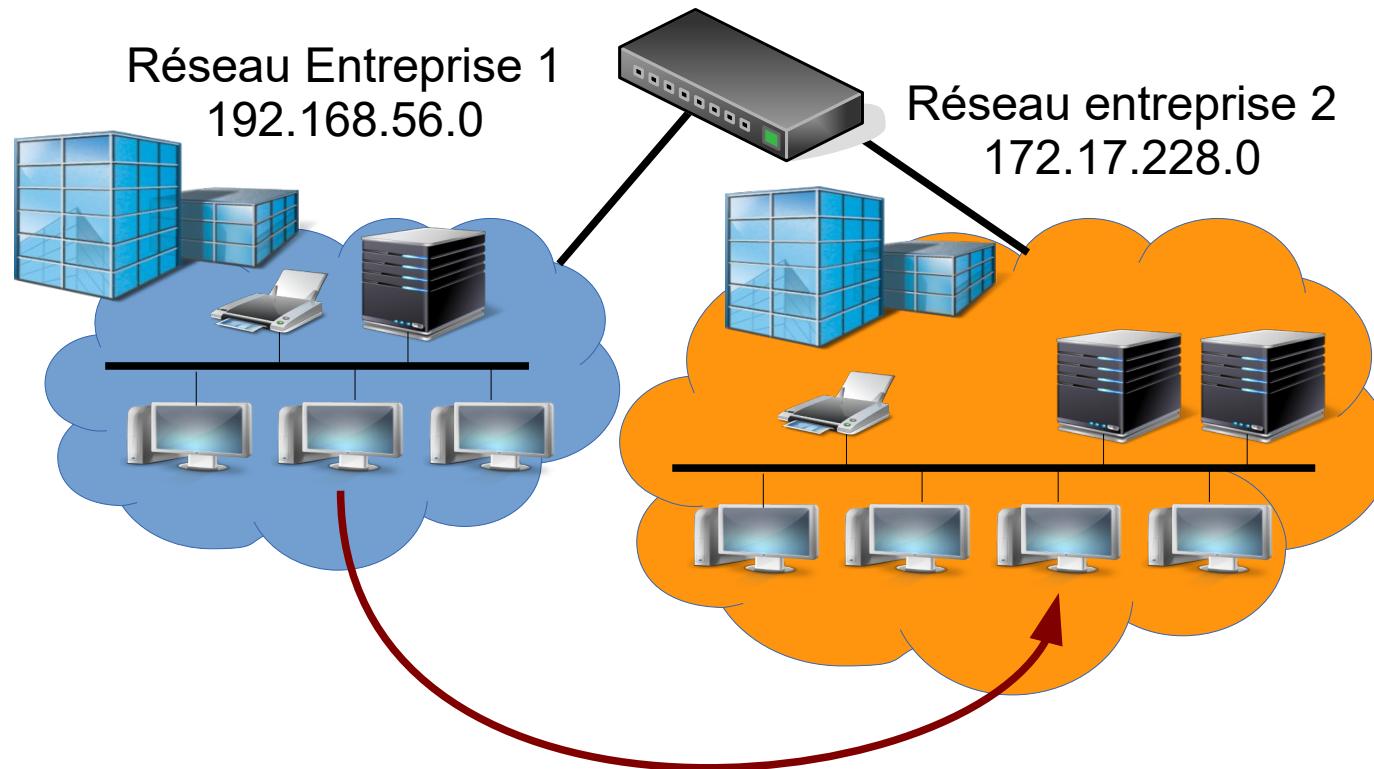
- **Contre la limite des adresses IPv4**
 - Sensé déjà être en rupture d'adresses IPv4



Intérêt des adresses privées

- **En interne on fait ce qu'on veut !**
- **On ne paie pas pour les adresses privées**
- **Améliore la sécurité :**
 - Les adresses privées sont invisibles de l'extérieur
 - Seul le routeur (ou la box) est visible de l'extérieur, via son IP publique
- **Mais :**
 - Nécessite de faire un pont entre le privé et le public
→ Utilisation d'une passerelle (*gateway*)

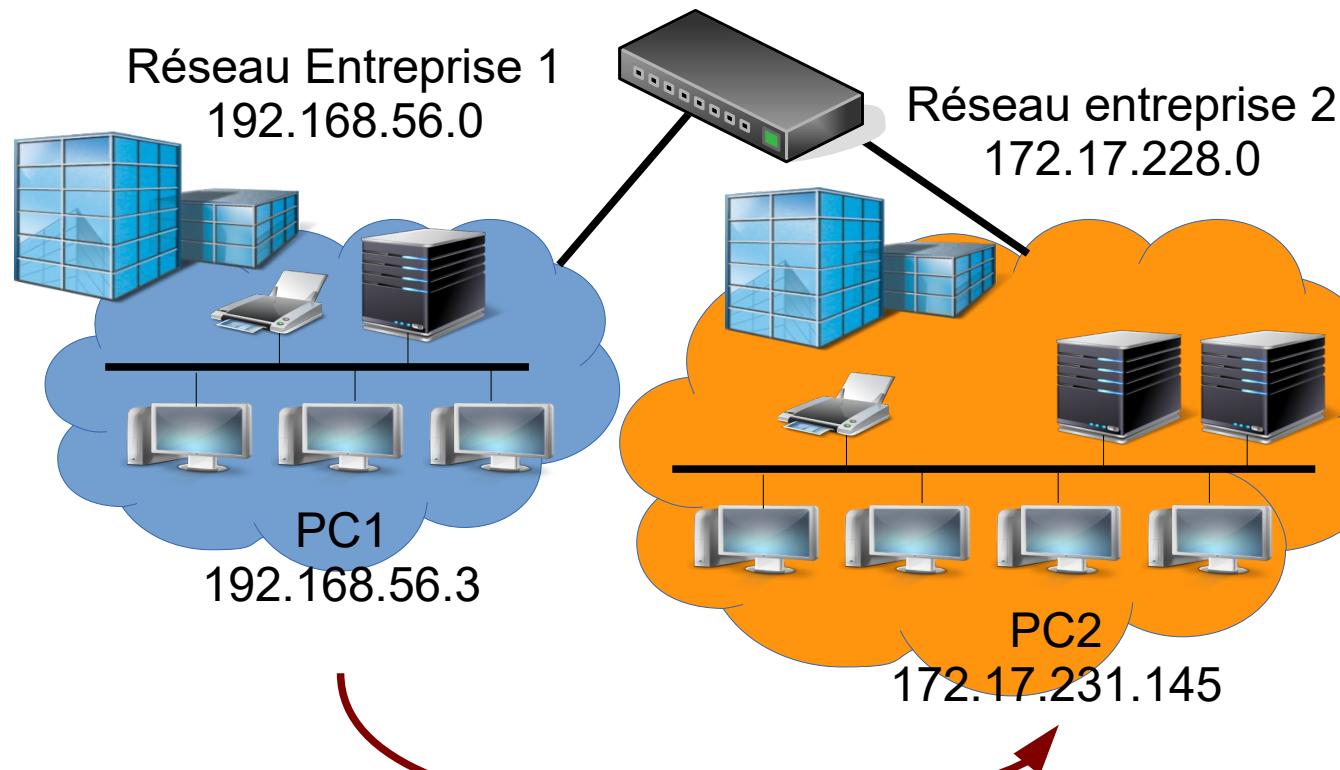
Utilité d'une passerelle (*Gateway*)



Comment joindre la bonne machine ?

R109 – Initiation réseaux – Partie II-1/ Adresses IP

Fonctionnement d'une passerelle (*Gateway*)



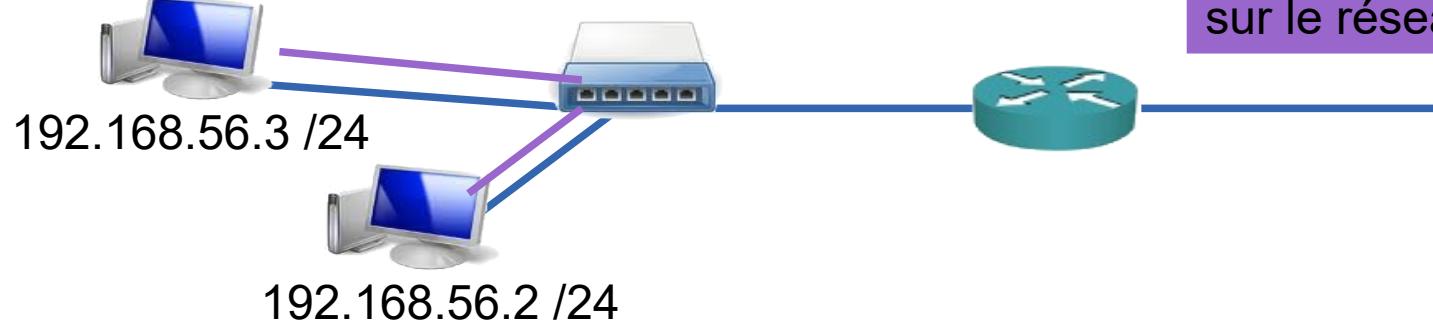
- **Exemple :** Le PC1 du réseau 1 veut joindre le PC2 du réseau 2.

→ vers où envoyer le message sachant que le réseau 2 est privé ?

Comment joindre la bonne machine ?

Routage au niveau de la machine

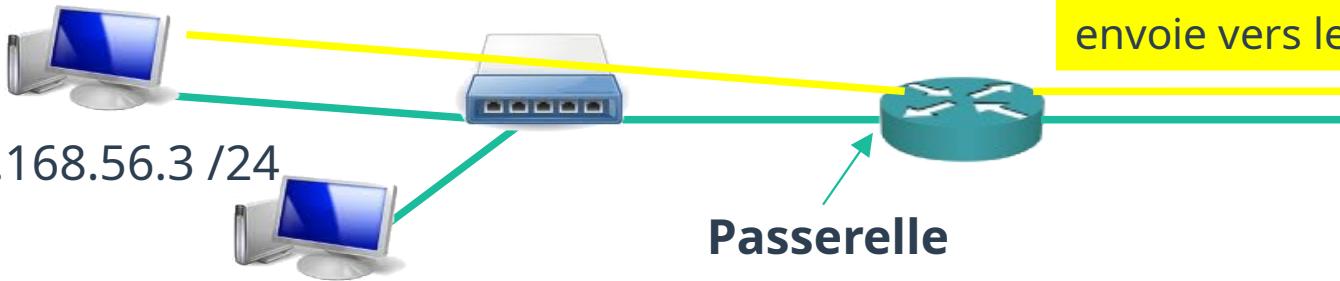
@dest 192.168.56.2 /24



192.168.56.3
& 255.255.255.0
192.168.56.0
Compare avec
192.168.56.2
& 255.255.255.0
192.168.56.0
Identique → **Même réseau** → on envoie sur le réseau local

Routage au niveau de la machine

@dest 172.17.231.145 /22



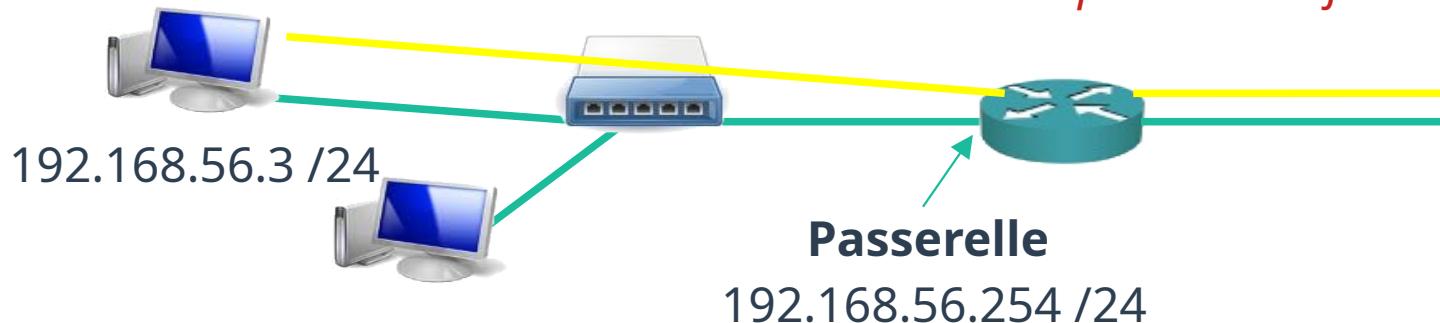
192.168.56.254 /24

172.17.231.145
 & 255.255.252.0
 172.17.228.0
 Compare avec
 192.168.56.3
 & 255.255.255.0
 192.168.56.0
 Différent → donc réseau différent → on envoie vers le routeur

Routage au niveau de la machine

- La **passerelle par défaut** et l'adresse du routeur à qui on communique les paquets quand le destinataire n'est pas dans le même réseau.
- Une machine sur un réseau privé doit connaître l'adresse cette passerelle par défaut.
→ *Impossible de joindre l'extérieur du réseau sinon !*

@dest 172.17.231.145 /22





Passerelle par défaut

- Permet d'**interconnecter** le réseau interne avec l'extérieur (Internet).
- Chemin de sortie du réseau interne.
- La passerelle s'occupe de relayer tous les paquets "sortants" vers la bonne route.
- Il s'agit d'un **routeur**.
- Convention : **première ou dernière** adresse du réseau.

Pour aller plus loin : IPv6

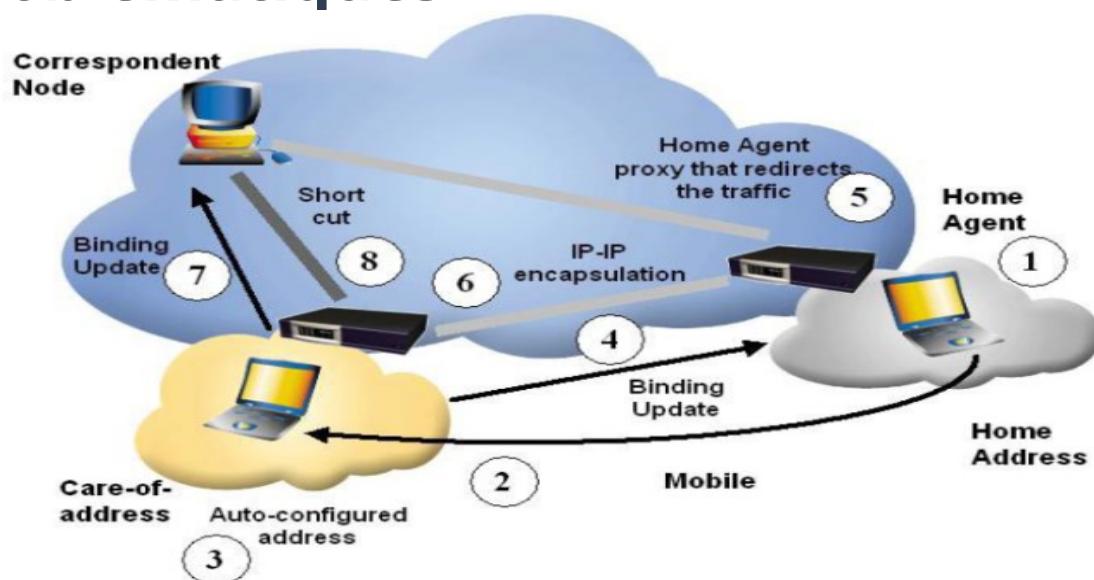
- **Quelques bases sur IPv6**

- Protocole de niveau 3
- Défini par la RFC 2460
- Pourquoi IPV6 ?



Pourquoi IPv6 ?

- **limite du nombre d'adresses IPv4 disponibles**
- **apparition de nouvelles problématiques**
 - Exemple la **mobilité** : un terminal ne reste plus au même endroit tout le temps

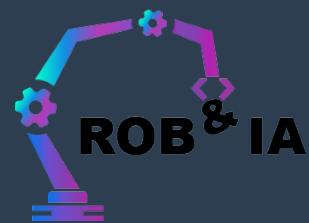




Apports d'IPv6

- **Changement d'adresse**

- Adresses sur 128 bits
- On passe de 2^{32} ($4,3 \times 10^9$) adresses à 2^{128} ($3,4 \times 10^{38}$)
- 667 millions de milliards d'adresses IP disponibles par mm² de la surface de la Terre



Format des adresses IPv6

- **16 octets (au lieu de 4)**
- **Hexadécimal (au lieu de décimal pointé)**
- **8 groupes de 2 octets séparés par des :**
 - Ex : 2001:0db8:0000:85a3:0000:0000:ac1f:8001
- **On peut simplifier**
 - 1 et 1 seul groupe de 0 peut être remplacé par ::
0000:0000
 - Ex : 2001:0db8:0000:85a3::ac1f:8001
 - On peut supprimer les 0 inutiles
 - Ex : 2001:**db8:0**:85a3::ac1f:8001



Format des adresses IPv6

- **Pas de classe d'adresse**

- Notation CIDR (Classless Inter Domain Routing)
- Masque de sous réseau définit le préfixe (partie commune de l'adresse : nom de famille)
- Le préfixe 2001:db8:1f89::/48 représente l'ensemble des adresses qui commence à 2001:db8:1f89:0:0:0:0 et finit à 2001:db8:1f89:ffff:ffff:ffff:ffff:ffff

Format des adresses IPv6

- **Types d'adresses spéciaux**

Préfixe	Description
::/8	Adresses réservées
2000 ::/3	Adresses unicast routables sur internet
Fc00 ::/7	Adresses locales uniques
Fe80 ::/10	Adresses lien local
Ff00 ::/8	Adresses multicast



Catégories d'adresses IPv6

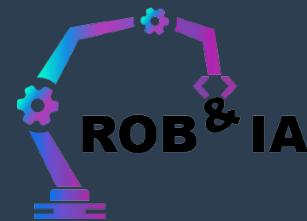
- **Définies par leur portée**
 - Adresses globales unicast
 - Adresses routables
 - Adresses locales uniques
 - Equivalent adresses privées (peuvent être routables)
 - Adresses de lien local
 - Adresse uniques sur un lien local (couche 2)
 - Adresses multicast
 - Pour les groupes

Catégories d'adresses IPv6

- **Adresses réservées**

- ::/128 adresse indéterminée
- ::1/128 adresse de loopback (eq IPv4 127.0.0.1)
- ::FFFF :0 :0/96 adresses IPv4 dans IPv6
 - 174.162.12.1 → ::FFFF:174.162.12.1 ou ::FFFF :EA2:C01
- ...

II-2 Modèles OSI et TCP-IP



by

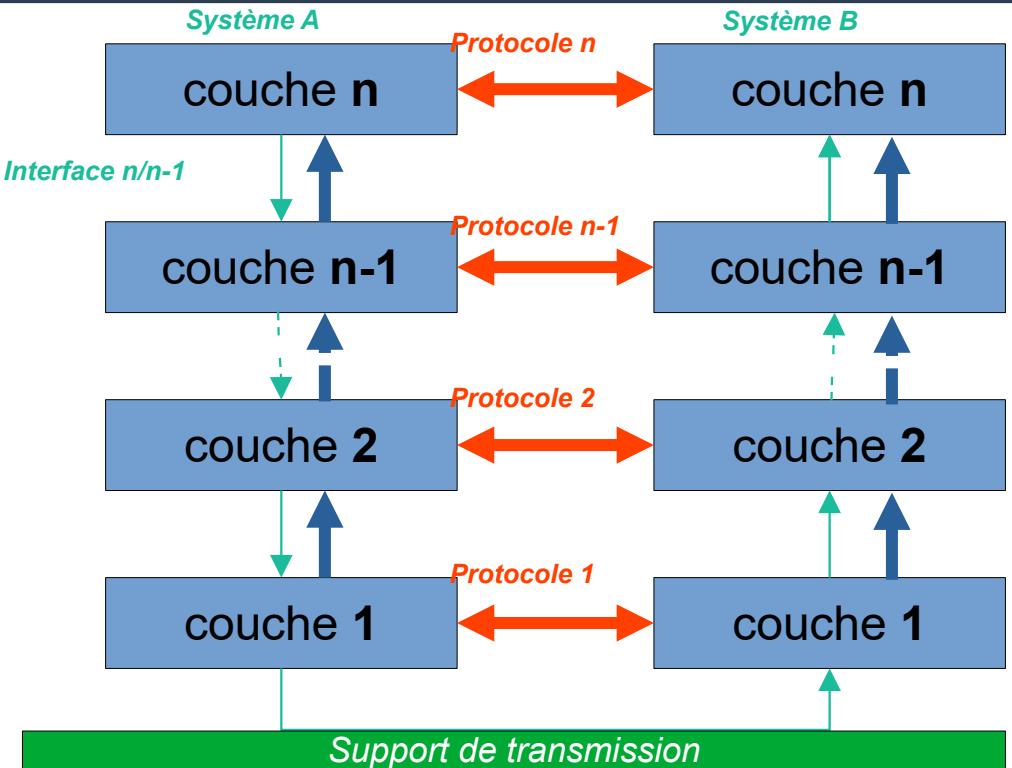


Notions de protocole et de service



Architecture en couches (*layers*)

Les correspondants d'une même couche suivent le même protocole
 (= parlent le même langage)



La couche (n-1) rend un service à la couche supérieure (n)

NB : Le service est codifié de façon à ce que les couches soient indépendantes : le changement d'un protocole n'impacte pas les autres couches

Encapsulation des données



Container avion

Etiquette

carton

Certificat
douane

adresse

nounours

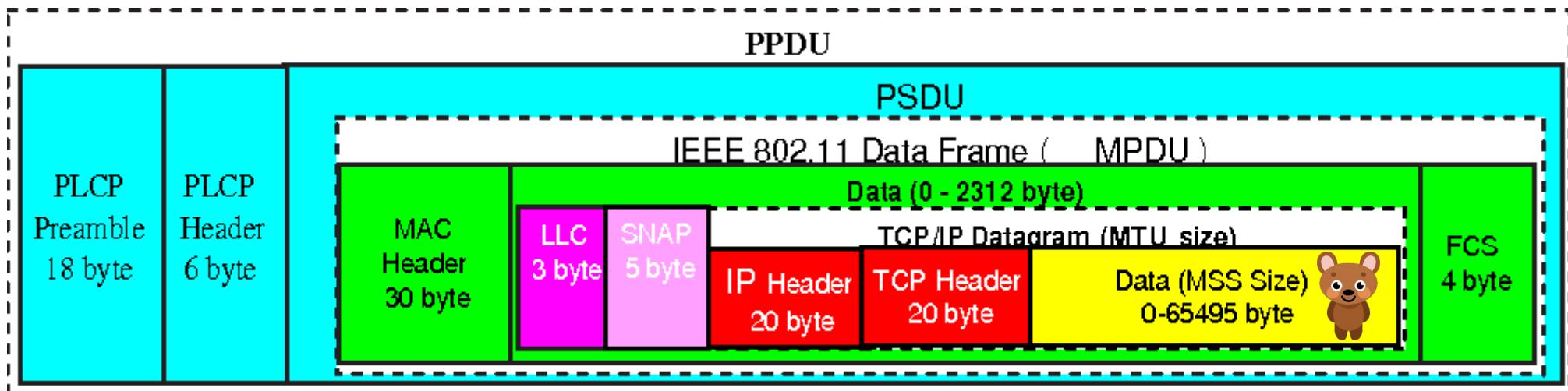
Lors de l'expédition du colis :

- Chaque couche place le contenu donné par la couche précédente dans un conteneur plus grand.
→ On parle d'**encapsulation des données**
- Les couches suivantes ne doivent pas savoir ce qu'il y a à l'intérieur : le facteur ne sait pas que c'est un nounours !
- chaque couche rajoute des informations *suivant son protocole*, pour qu'à la réception, le partenaire de la même couche sache quoi faire du colis.

Encapsulation des données

- Un exemple plus informatique

Packet encapsulation in TCP over 802.11 networks. Granelli, F., Kliazovich, D., & Fonseca, N.L. (2007). Performance Limitations of IEEE 802.11 Networks and Potential Enhancements.



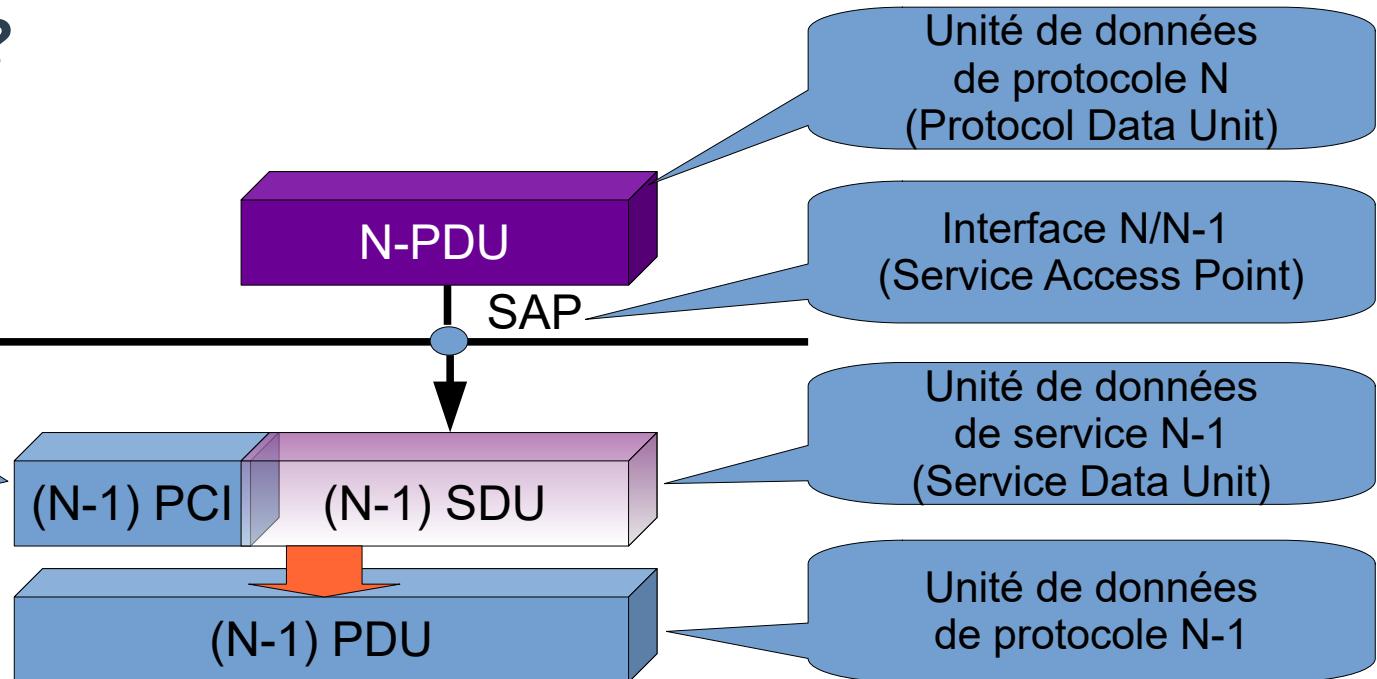
Terminologie de l'encapsulation

- PDU, SDU, PCI ??**

Couche N

Information de contrôle
de protocole N-1
(Protocol Control Information)

Couche N-1





Modèle d'architecture de référence

- Existe-t-il des modèles standards ? Oui !
- Modèle OSI
 - Open System Interconnection
 - Référence ISO 7498
 - Modèles à **7 couches**
 - Dernière révision date de 1994
- Fait toujours référence ... mais peu implémenté



Modèle OSI

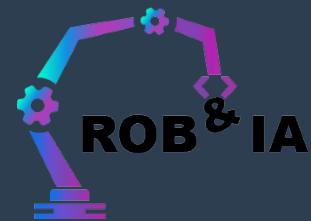
• 7 Application
• 6 Présentation
• 5 Session
• 4 Transport
• 3 Réseau
• 2 Liaison
• 1 Physique

Type de données	Fonction
Données	Point d'accès aux services réseaux
Données	Chiffrement et déchiffrement données
Données	Gère session entre applications
Segment	Connexion de bout en bout / Contrôle de flux
Paquet/Datagramme	Parcours des données et adressage logique
Trame	Adressage physique / Acheminement local

Milieu : support de transmission

Modèle OSI

- **4 couches Hautes (7,6,5,4)**
 - 7 : Applications réseaux
 - 6 : Présentation gère le codage, la représentation des données applicatives (sémantique)
 - 5 : Session gère la synchronisation des communications (n'importe qui peut parler) et reprise sur erreur
 - 4 : Transport gère la communication de bout en bout entre processus
- **Exemple de protocoles**
 - HTTP, FTP, DNS, DHCP
 - ASCII, Unicode
 - AppleTalk, NetBios
 - TCP, UDP



Modèle OSI

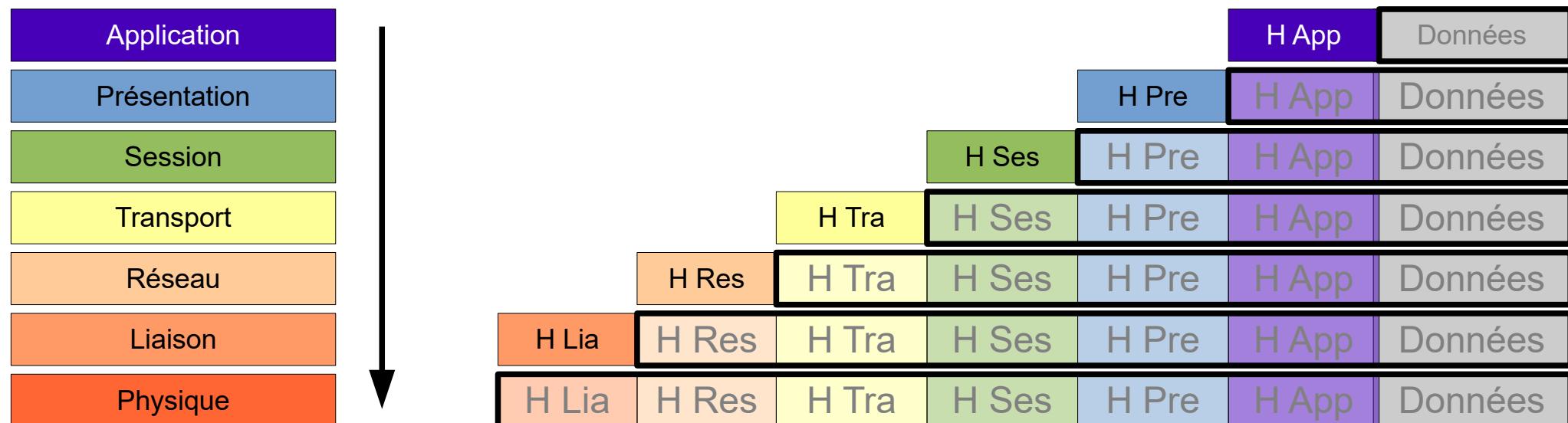
- **3 couches matérielles (3, 2, 1)**
 - Réseau : gère les communications de proche en proche, adressage, routage
 - Liaison : gère les communications entre machine reliées par un support physique
 - Physique : transmission de signaux entre les machines.
- **Exemple de protocoles**
 - IP, ICMP, IGMP, NetBEUI, RIP, OSPF, EIGRP
 - Ethernet, PPP, MPLS, FDDI, FrameRelay
 - Codage NRZ, Manchester, Miller, RS232, 100 baseTx

Application de l'encapsulation

- **Seules les couches physiques communiquent directement**
- **Comment discutent les entités de la couche liaison ? (envoyer des trames)**
 - Demande de service à la couche physique
- **Comment discutent les entités de la couche réseau ?**
 - Demande de service à la couche liaison
- **Et ainsi de suite ...**

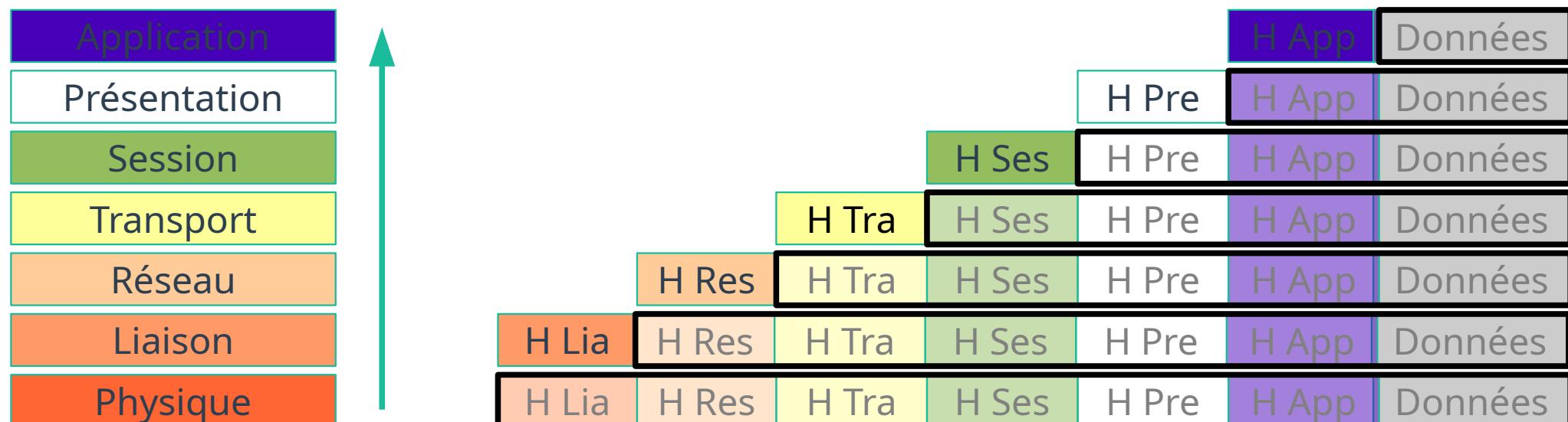
Application de l'encapsulation

- Illustration



Application de la "désencapsulation"

- Illustration



SDU d'une couche

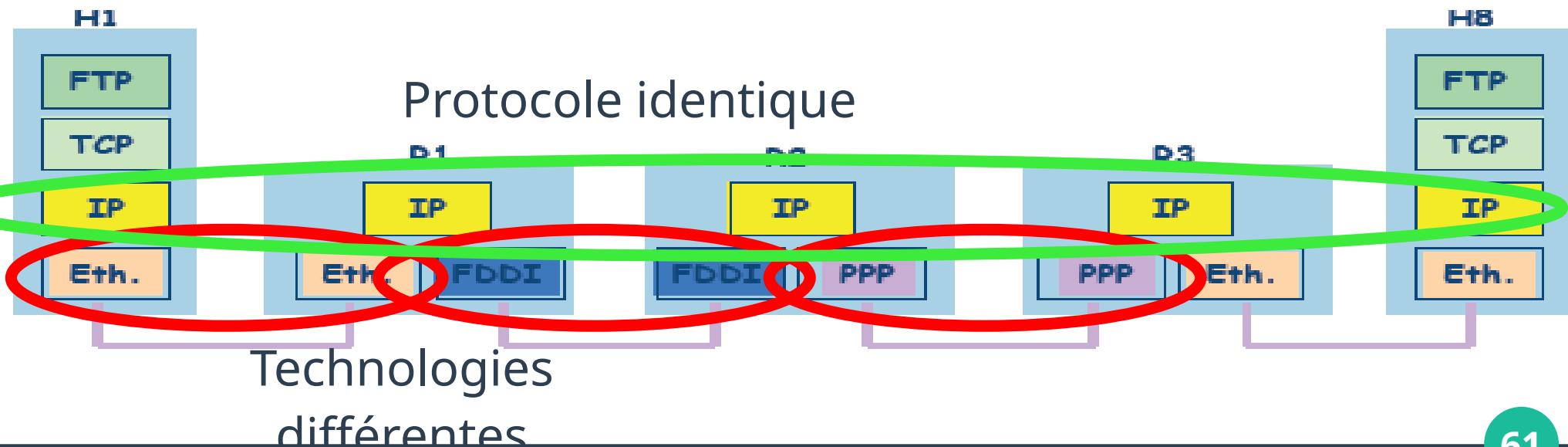


Modèle Internet (TCP-IP)

- **Modèle Internet**
- **Basé sur le couple de protocoles TCP-IP**
- **Simplification du modèle OSI (moins de couches)**
 - Regroupement des couches hautes 5, 6 et 7
- **Utilisé car répandu et développé dans le monde universitaire**
- **Bénéficie des développement du monde Unix**

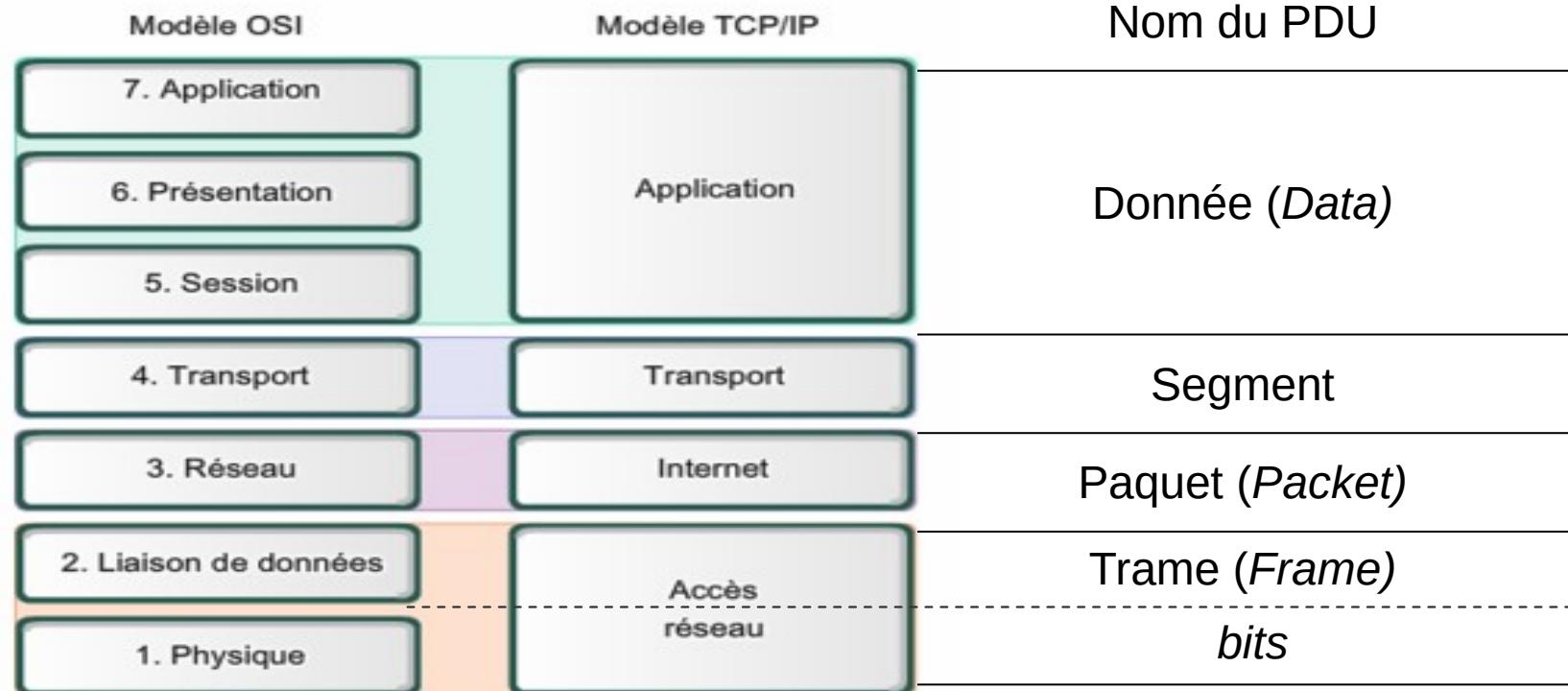
Modèle Internet (TCP-IP)

- Les couches 1 et 2 ne sont pas définies
- Objectif : assurer une homogénéité dans le réseau



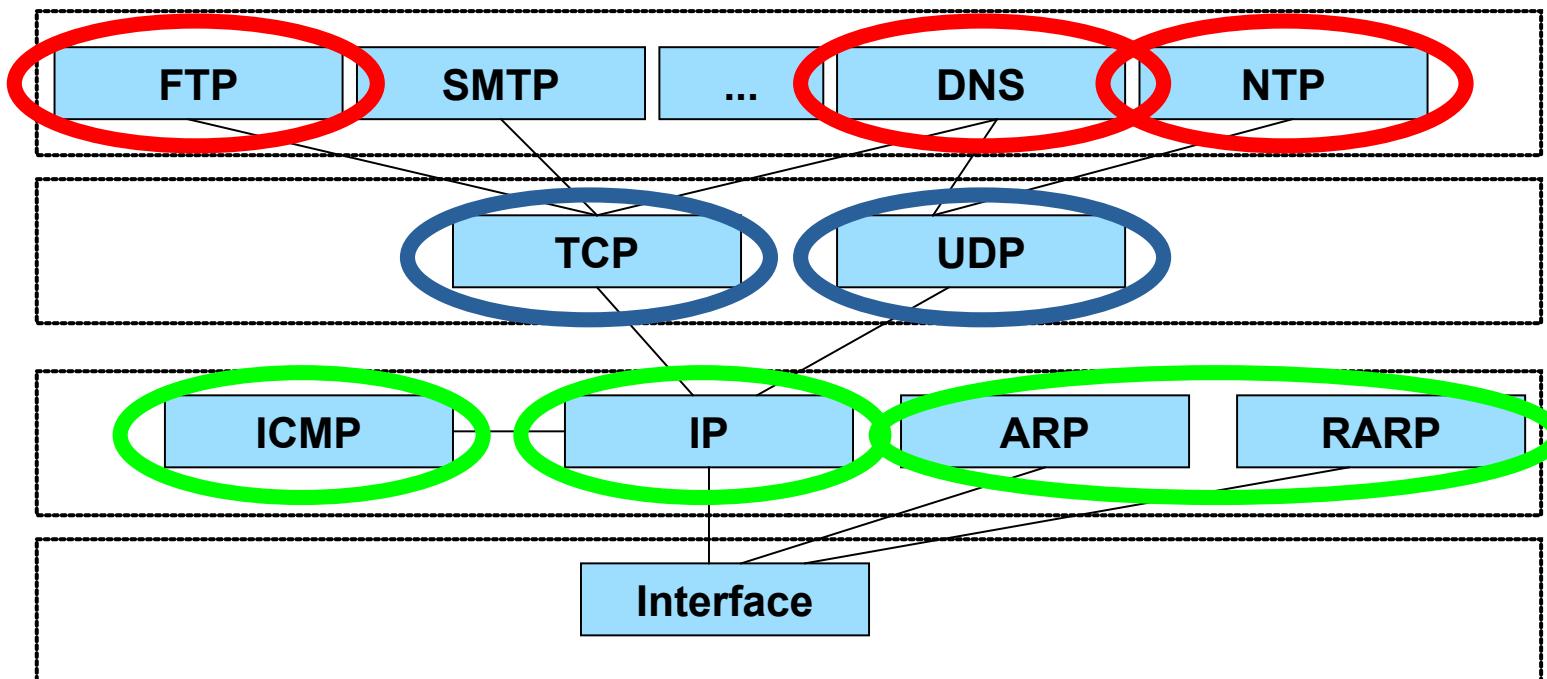
Modèle Internet (TCP-IP)

- Modèle 4 ou 5 couches



Modèle Internet (TCP-IP)

- Principaux protocoles du modèle Internet



II-3 Analyse de protocoles

- Protocoles de couche 3

- ARP
- IP
- ICMP

Cours
Inversés

- Protocole de couche 4

- TCP
- UDP

Cours
Inversés



Protocoles de la couche 3

- ARP
 - Son rôle ? ...
 - A quoi cela sert ? ...
 - Comment cela fonctionne-t-il ?
 - Packages linux ? Fichiers de conf ? Commandes ?
 - Captures de trame ? Constitution d'une trame/paquet ?
 - Diagramme d'échange ?
 - Normes ?
 - Et la sécurité ?



Protocoles de la couche 3

- **IP**

- Son rôle ? ...
- A quoi cela sert ? ...
- Comment cela fonctionne-t-il ?
 - Packages linux ? Fichiers de conf ? Commandes ?
 - Captures de trame ? Constitution d'une trame/paquet ?
 - Diagramme d'échange ?
- Normes ?
- Et la sécurité ?

Quelles trames ?
Dans un TCP ?
Netcast ou Scapy ?



Protocoles de la couche 3

- **ICMP**

- Son rôle ? ...
- A quoi cela sert ? ...
- Comment cela fonctionne-t-il ?
 - Packages Linux ? Fichiers de conf ? Commandes ?
 - Captures de trame ? Constitution d'une trame/paquet ?
 - Diagramme d'échange ?
- Normes ?
- Et la sécurité ?

Protocoles de la couche 4

- **TCP**
 - Son rôle ? ...
 - A quoi cela sert ? ...
 - Comment cela fonctionne-t-il ?
 - Packages linux ? Fichiers de conf ? Commandes ?
 - Captures de trame ? Constitution d'une trame/paquet ?
 - Diagramme d'échange ?
 - Normes ?
 - Et la sécurité ?

Protocoles de la couche 4

- **UDP**
 - Son rôle ? ...
 - A quoi cela sert ? ...
 - Comment cela fonctionne-t-il ?
 - Packages linux ? Fichiers de conf ? Commandes ?
 - Captures de trame ? Constitution d'une trame/paquet ?
 - Diagramme d'échange ?
 - Normes ?
 - Et la sécurité ?

II-4 Topologie de réseaux

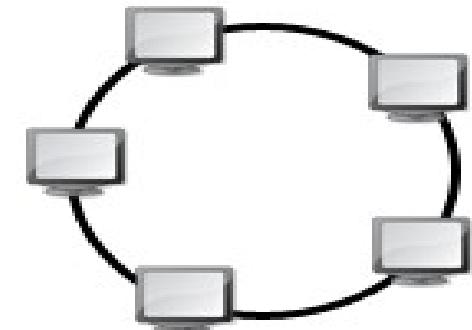


Topologie

- **2 types de topologies**
 - Physique
 - Façon dont sont reliés les ordinateurs
 - Logique
 - Façon dont ils se comportent sur le réseau
 - Les 2 peuvent être différentes
 - Ex : hub
 - Topologie physique en étoile
 - Topologie logique en bus

Différentes topologies réseau

- **Anneau**
 - Stations chainées entre elles par une liaison bi-directionnelle
 - Liaison type diffusion
 - Pas nécessairement en boucle
 - MAU (multi-station unit)
 - Chaque station traite le message et le ré-émet si elle n'est pas destinataire
 - 1 station défaillante et le réseau est bloqué (sauf si anneau cicatrisant)
 - Avantage faible coût



Différentes topologies réseau

- **Topologie en bus**

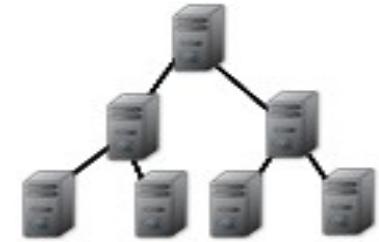
- Stations reliées entre elles par un support unique
- Liaison type diffusion
- Avantage faible coût
- Une station en panne ne compromet pas le réseau
- Un lien défaillant paralyse le réseau



Différentes topologies réseau

- **Topologie en arbre**

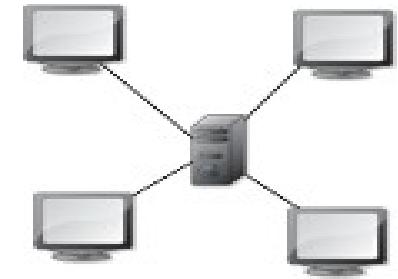
- Hiérarchie dans les nœuds du réseau
 - Division en niveaux
- Faiblesse sur le nœud au sommet
 - Isole le réseau en 2 parties
- Liaison type point à point
- Exemple à l'IUT
 - Switch de salle
 - Switch d'étage
 - Switch salle serveurs



Différentes topologies réseau

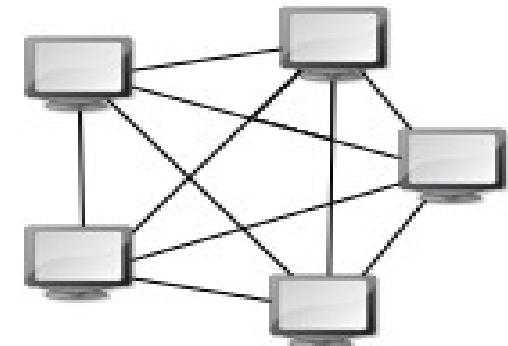
- **Topologie en étoile**

- Structure la plus courante maintenant
- Utilise concentrateur
 - Exemple : switch
- Liaison type point à point
- Point faible le nœud



Différentes topologies réseau

- **Topologie maillée**
 - Très bonne tolérance aux pannes
 - Coût élevé
 - Liaison type point à point
 - Présent dans les réseaux de distribution (internet) et les interconnexion de routeurs wifi.
 - On parle de « mesh »



Fin

Bibliographie :

COMBY F. : *Cours M1101 et M1104* , IUT RT Béziers

TANENBAUM A., WETHERALL, D. : *Réseaux 5^{ème} éd.* Pearson

HÉROLD J.-F., GUILLOTIN O., ANAYA P. : *Informatique industrielle et réseaux en 20 fiches*, Dunod

LOHIER S., PRESENT D., *Transmissions et réseaux 2^{ème} èd.* , Dunod