

R109 – Initiation aux réseaux d'entreprise

Licence Pro Rob&IA

Nicolas MENDEZ – Laurent ROY

- **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

- **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

- **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

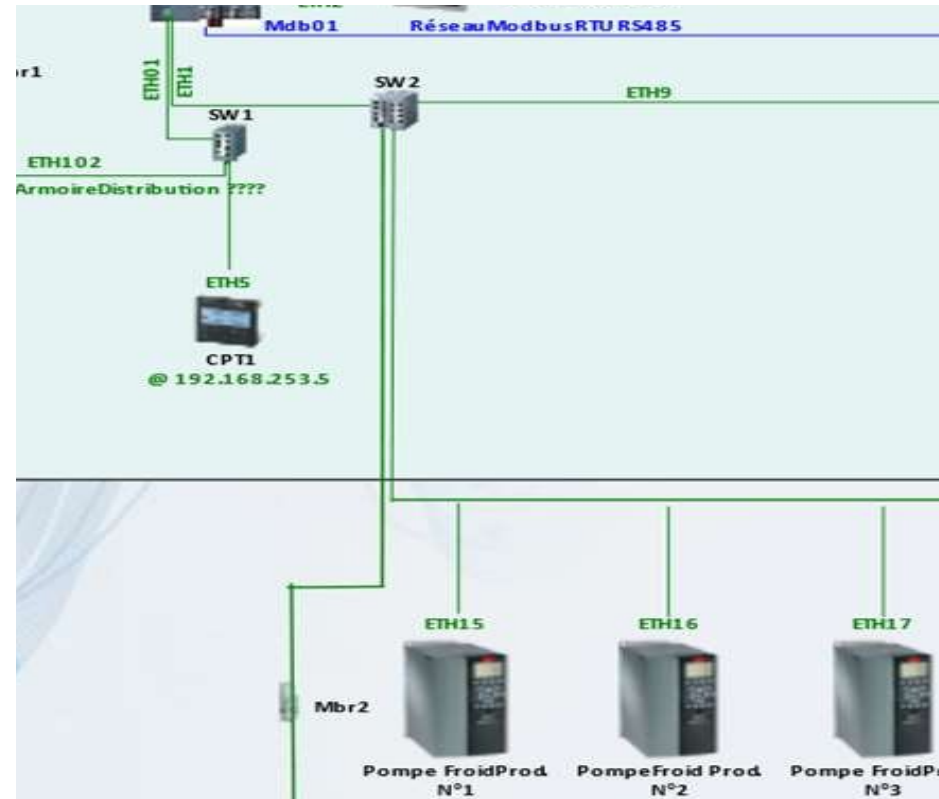
- 4) Topologie des réseaux

Cours
Inversés

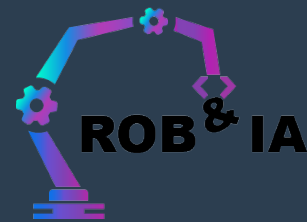
II-1 Adressage IPv4



- 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



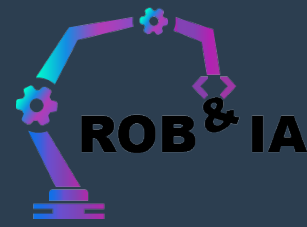
- **Bref Historique d'Internet**

Advanced Research Project
Agency

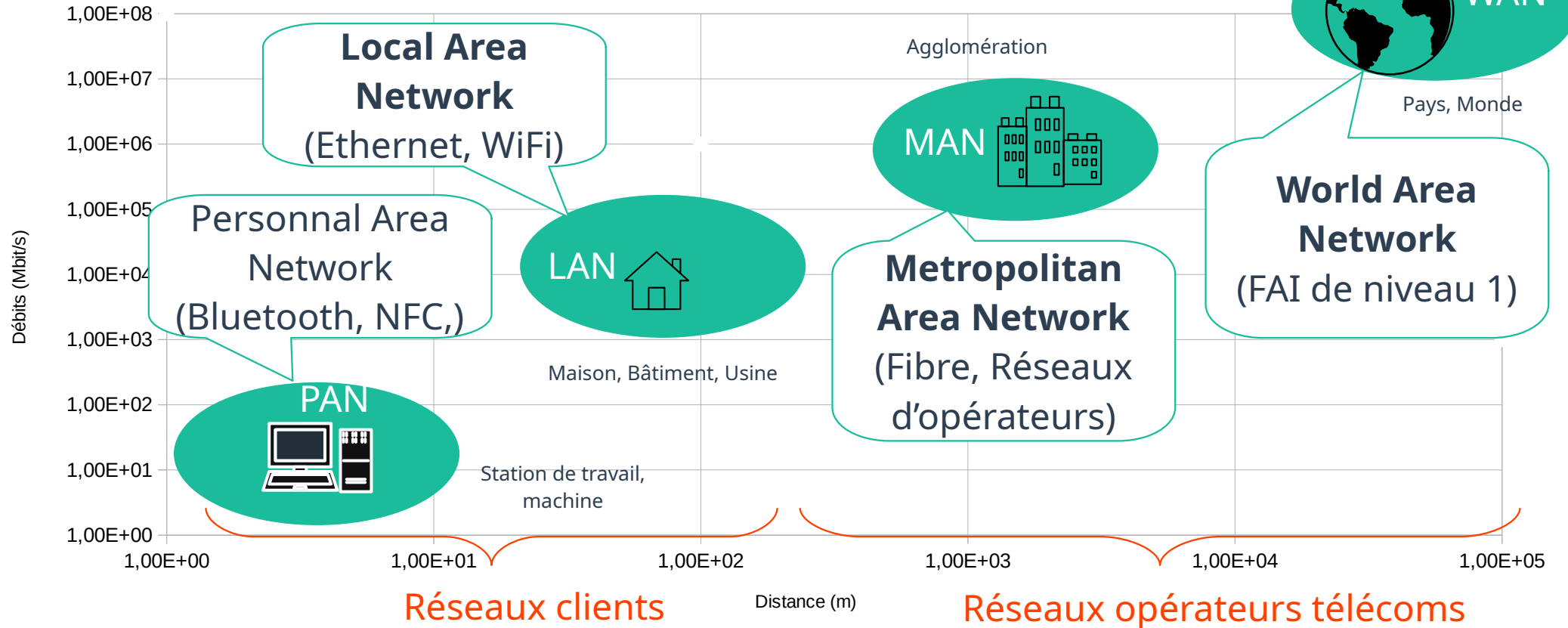
Departement of Defense / USA

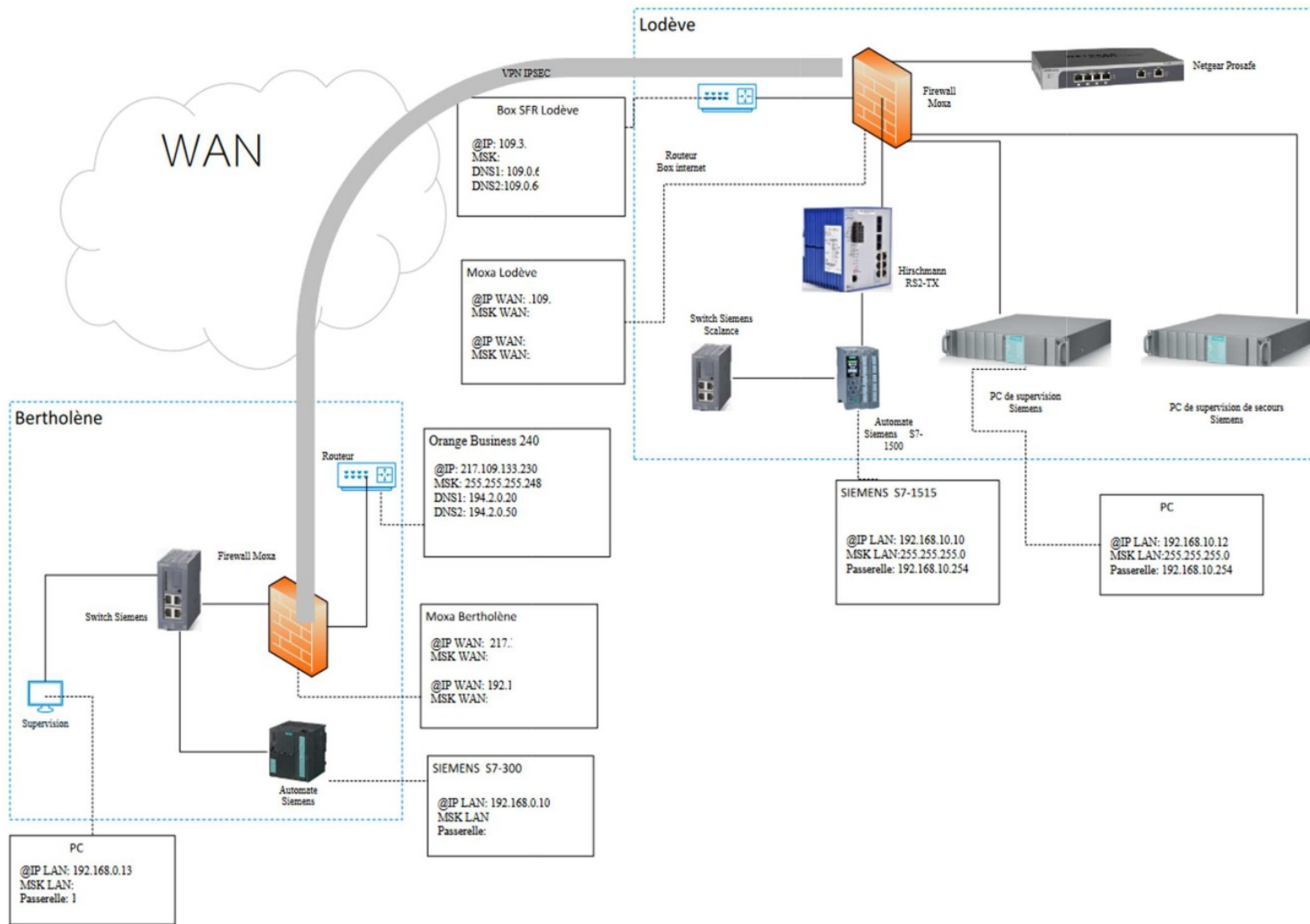
- 1967 : Larry Roberts (ARPA un département du DoD) propose un réseau distribué : l'ARPAnet. 4 nœuds sont créés entre 4 Universités Américaines (UCLA, UCSB, Stanford, Utah). Le 1^{er} message est envoyé sur le réseau le 29 octobre 1969.
- Début des années 1970 : l'Université de Berkeley développe les "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



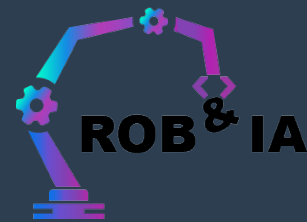
- Internet connecte des réseaux très différents





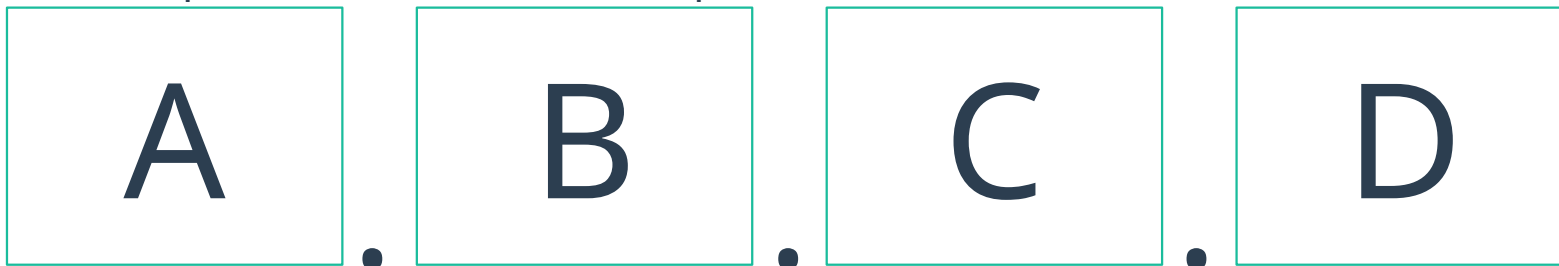
Autre exemple : des parties d'usine situées sur différentes Implantations (et donc différents LAN) et qui doivent communiquer entre elles

II-1 Adressage IPv4



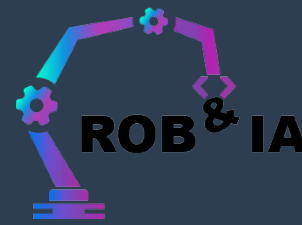
- **Les adresses IPs dans le détail**

- 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

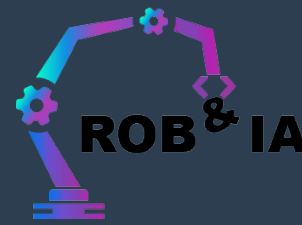


- **Exemple :**

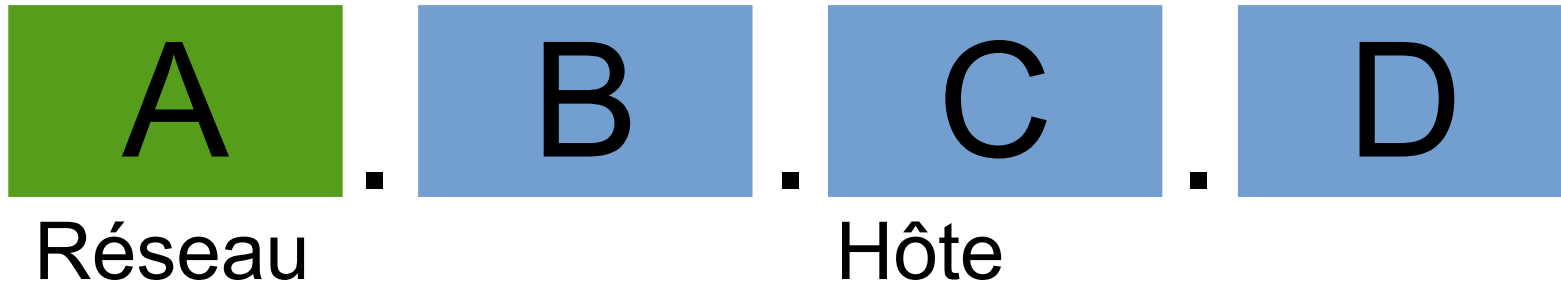
Poids	2^7	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0
valeur	128	64	32	16	8	4	2	1
bits	1	0	1	1	0	0	1	0

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

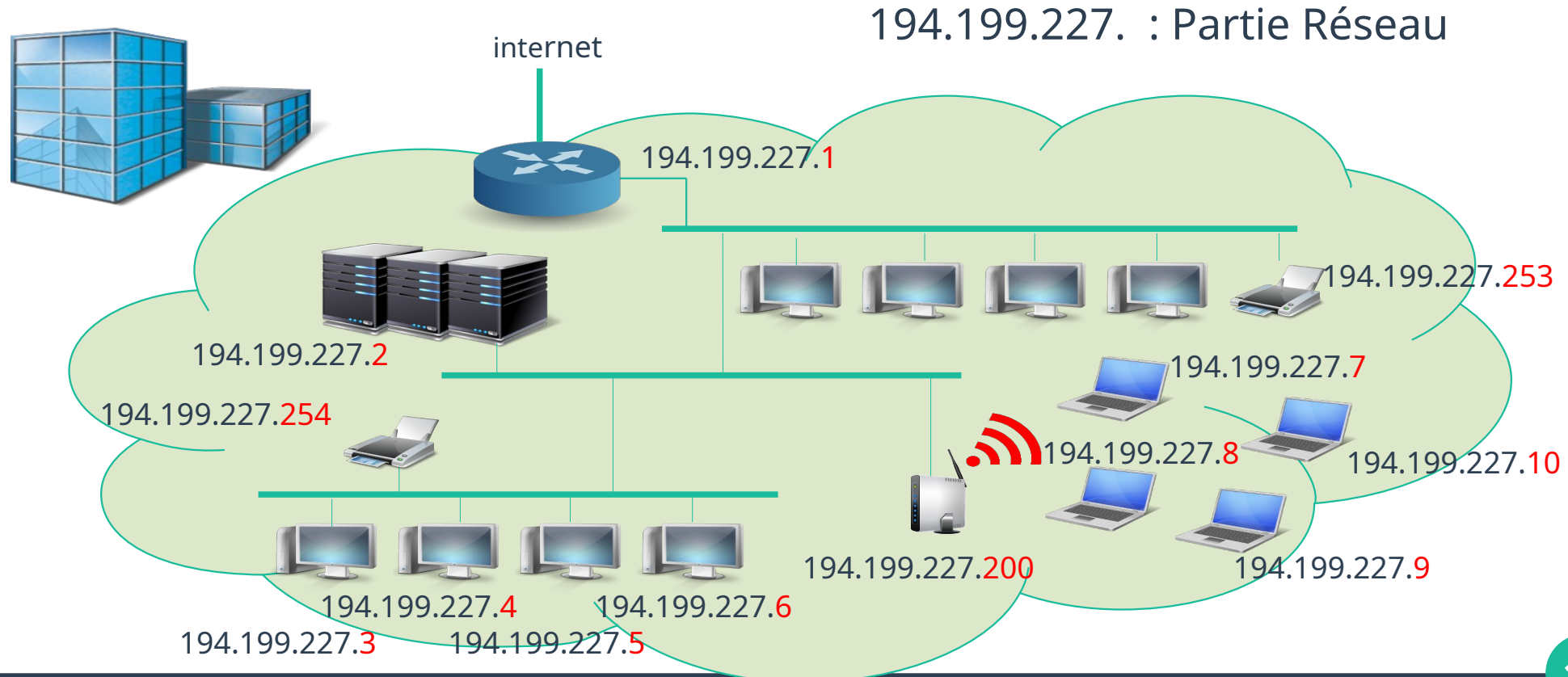
Découpage des adresses IPv4



- **2 parties dans l'adresse :**
 - Partie Réseau : identifie le réseau global (quelle entreprise ?)
 - Partie Hôte : identifie un équipement (quelle machine?)
 - Ordre : Réseau puis Hôte :



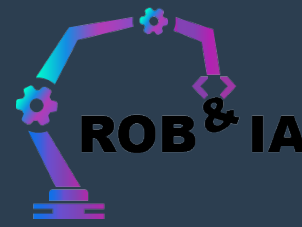
Exemple



Ce qu'il ne faut pas faire ...

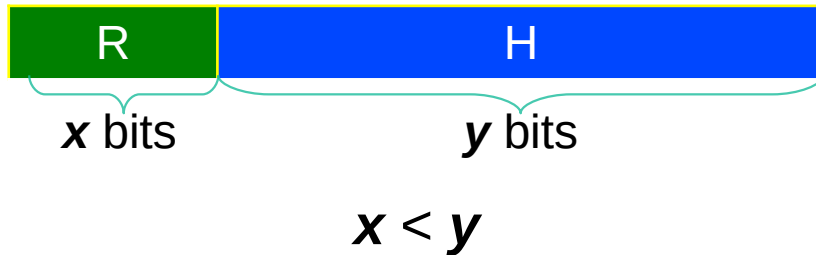


Où faut-il couper l'adresse IP ?

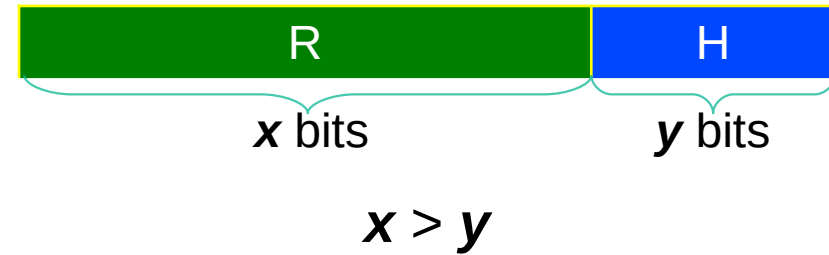


- En fonction des besoins

- Peu de réseaux
- Beaucoup d'hôtes



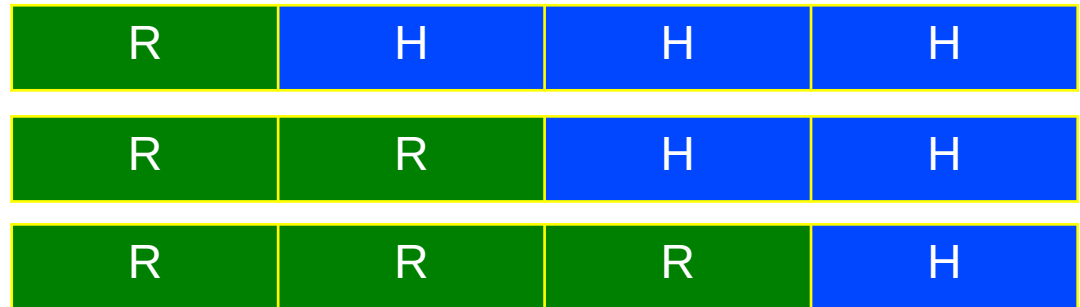
- Beaucoup de réseaux
- peu d'hôtes



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

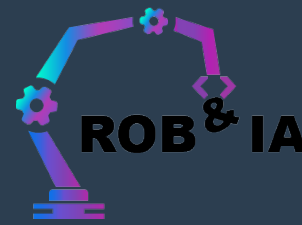
- Avant 1993, on distinguait 4 classes d'adresses

- **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

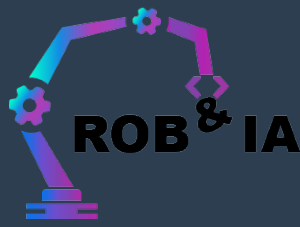
Notation CIDR (Classless Inter Domain Routing)



- 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**
 - Partie réseau de l'adresse IP
 - L'adresse du réseau vaut **192.168.56.0**

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

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 : 10101100000100011110010000000000

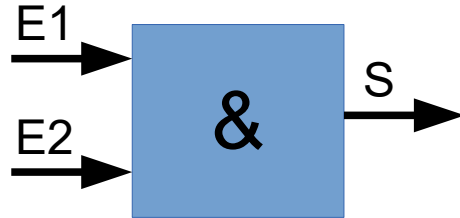
→ On refait la conversion en décimal :

10101100	00010001	11100100	00000000
172	17	228	0

→ L'adresse du réseau vaut 172.17.228.0

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

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

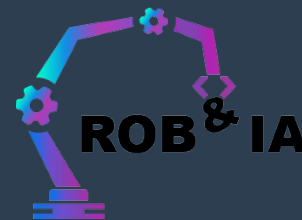


- Exemple 2 précédent

addr IP machine	10101100000100011110011110010001	172.17.231.145
Masque réseau	11111111111111111111110000000000	& 255.255.252.0 (ou "/22")
addr IP réseau	10101100000100011110010000000000	= 172.17.228.0

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

Importance du masque

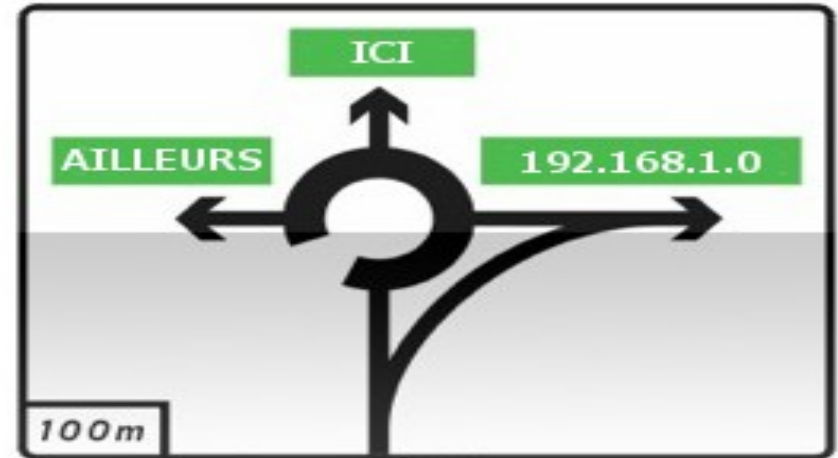
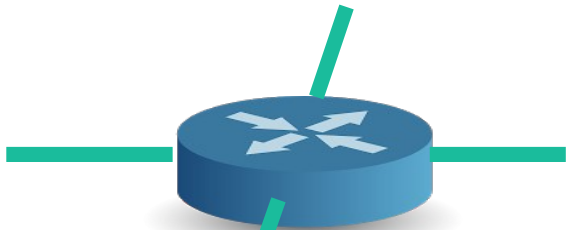


- **Aussi important que l'adresse**
- **Sans masque :**
 - Méconnaissance du réseau de la machine
 - Processus qui en ont besoin
 - Masque par défaut attribué ... pas forcément bon ...
 - Demo ...



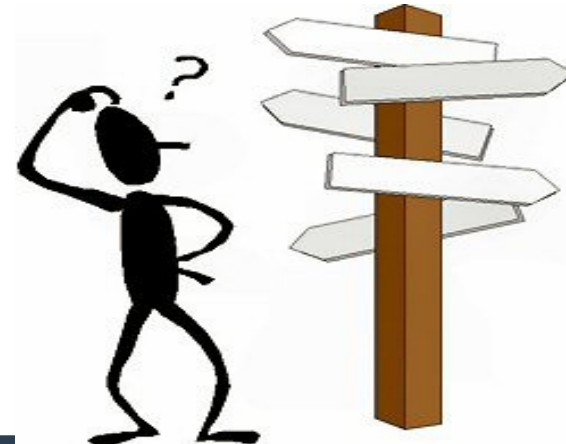
L'adresse du **réseau**

- Utilisé pour le chemin vers un réseau (simple)
- Première adresse du réseau
- IUT : 194.199.224.**0**



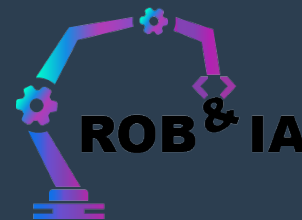
L'adresse de **diffusion**

- 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**



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

Adresses privées / publiques

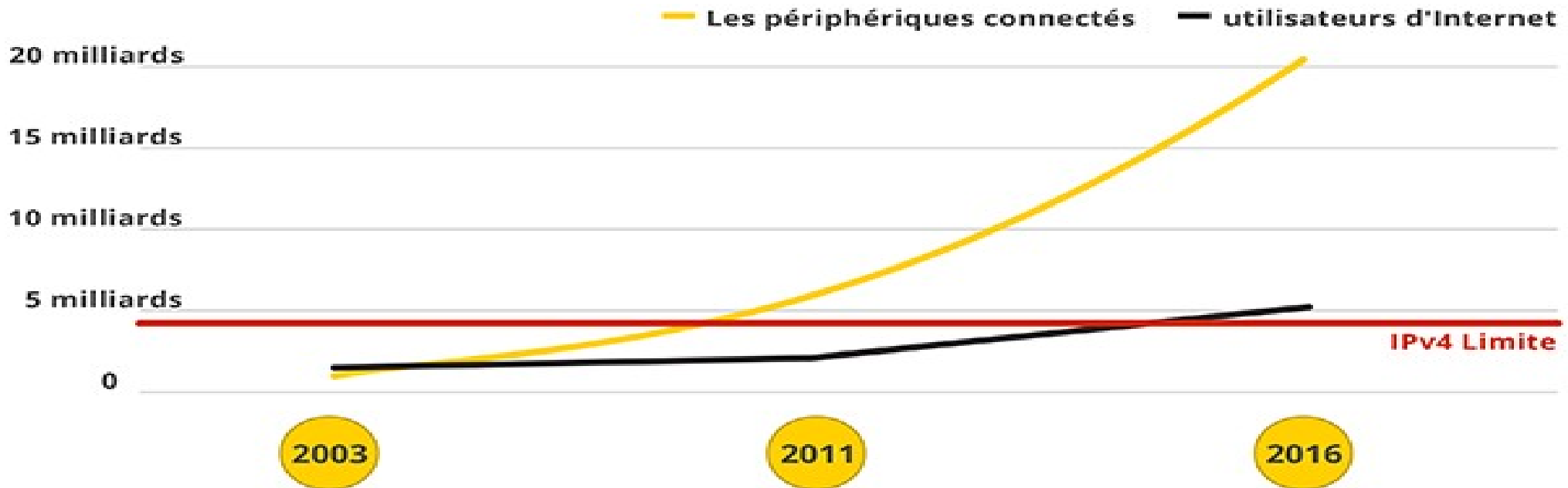


- **Adresses privées**
 - Pour réseaux internes (IUT, intranet)
 - Adresses privées par classes
 - Classe A : 10.0.0.0 → 10.255.255.255
 - Classe B : 172.16.0.0 → 172.31.255.255
 - Classe C : 192.168.1.0 → 192.168.255.255
 - Ne peuvent pas sortir sur internet
- **Adresses publiques**
 - Visibles sur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

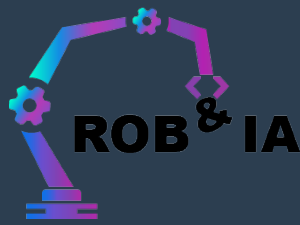
Intérêt des adresses privées



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

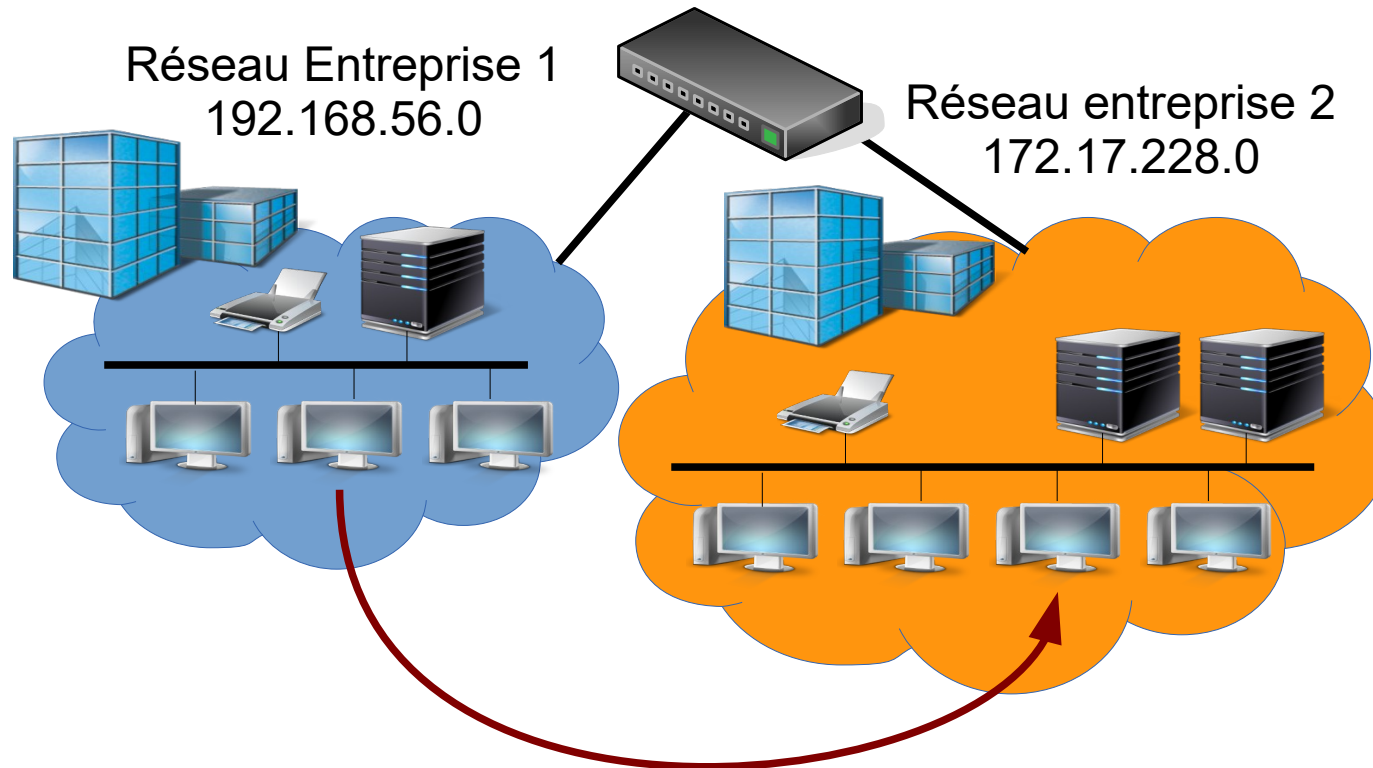
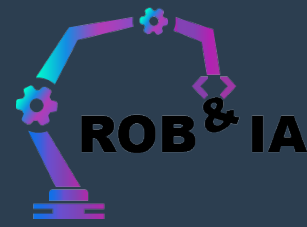


Intérêt des adresses privées



- En interne on fait ce qu'on veut !
- On ne paie pas pour les adresse 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*)

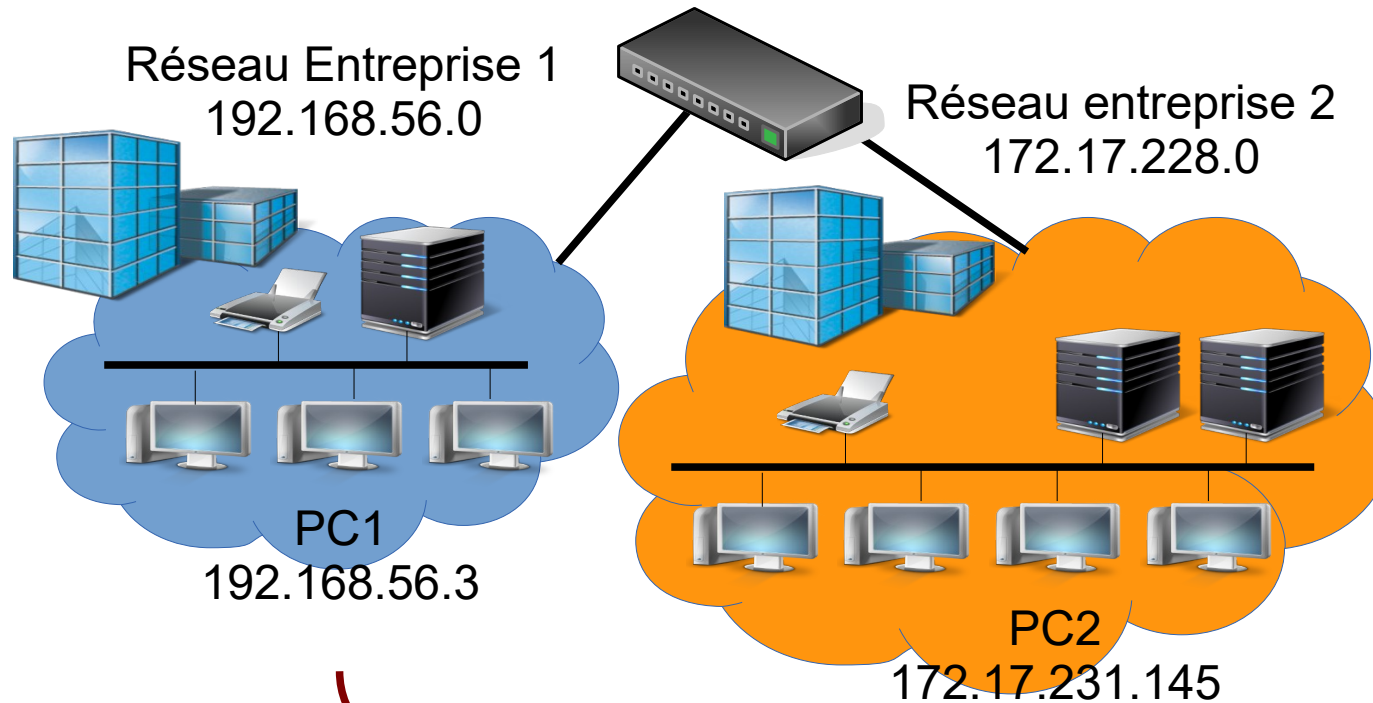
Utilité d'une passerelle (*Gateway*)



- La passerelle (Gateway) est le dispositif qui permet de **sortir d'un réseau** pour aller sur un autre.
- La plupart du temps la passerelle est implémentée dans un **routeur**, chargé de **déterminer le chemin** que doivent prendre les paquets.

Comment joindre la bonne machine ?

Fonctionnement d'une passerelle (Gateway)



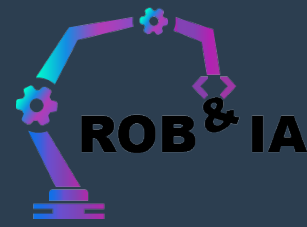
- **Exemple :** Le PC1 du réseau 1 veut joindre le PC2 du réseau 2.

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

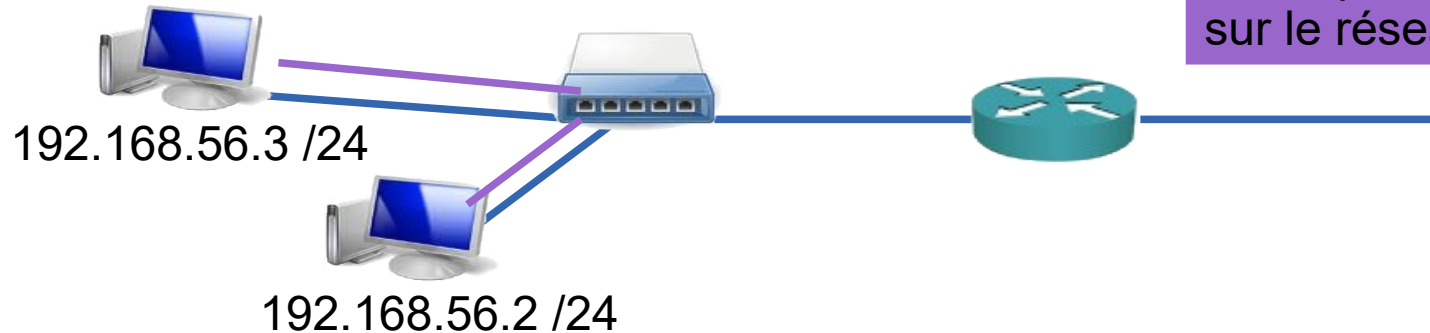
Comment joindre la bonne machine ?

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

Routage au niveau de la machine

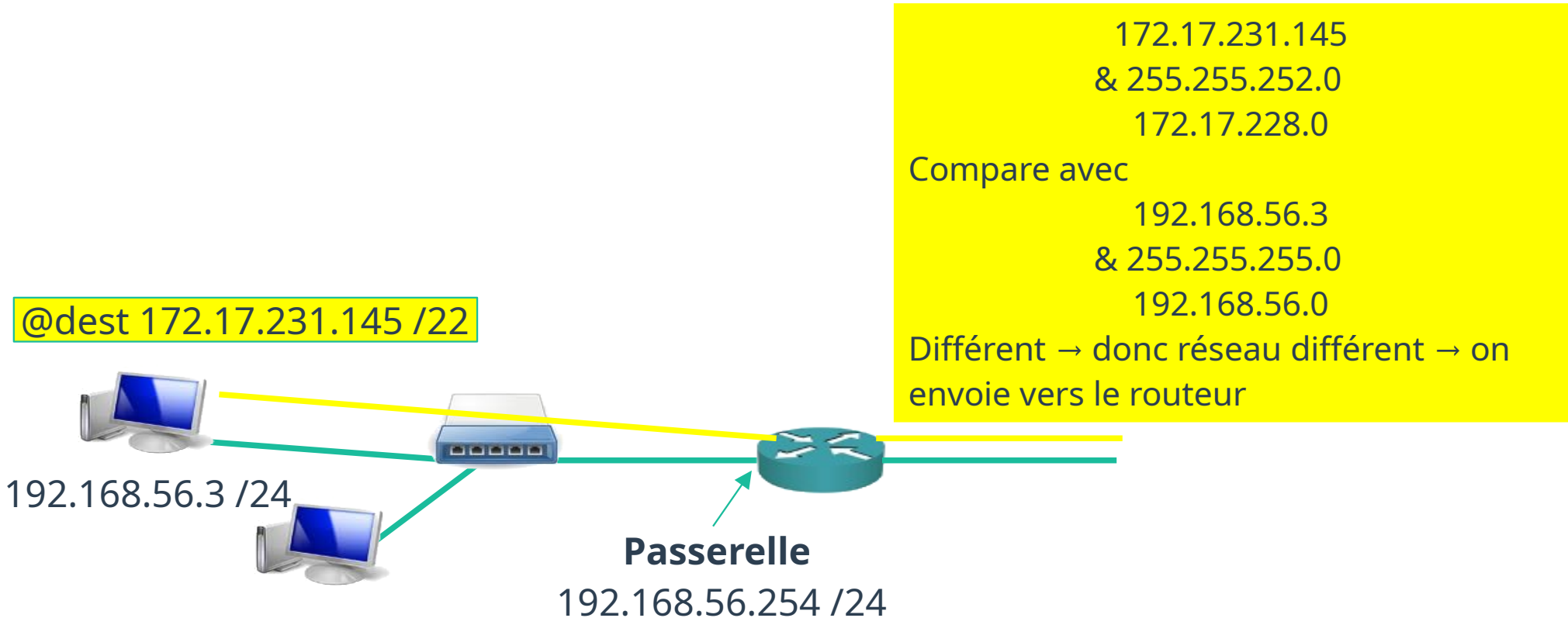
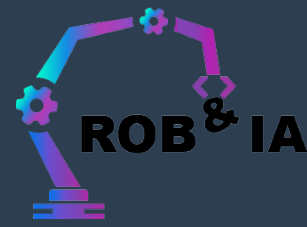


@dest 192.168.56.2 /24

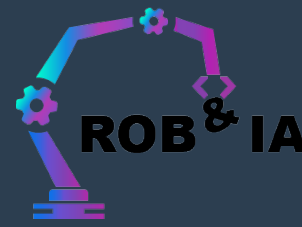


192.168.56.3
& 255.255.255.0
192.168.56.0
Compare avec
192.168.56.2
& 255.255.255.0
192.168.56.0
Identique → **Même réseau** → on envoie
sur le réseau local

Routage au niveau de la machine

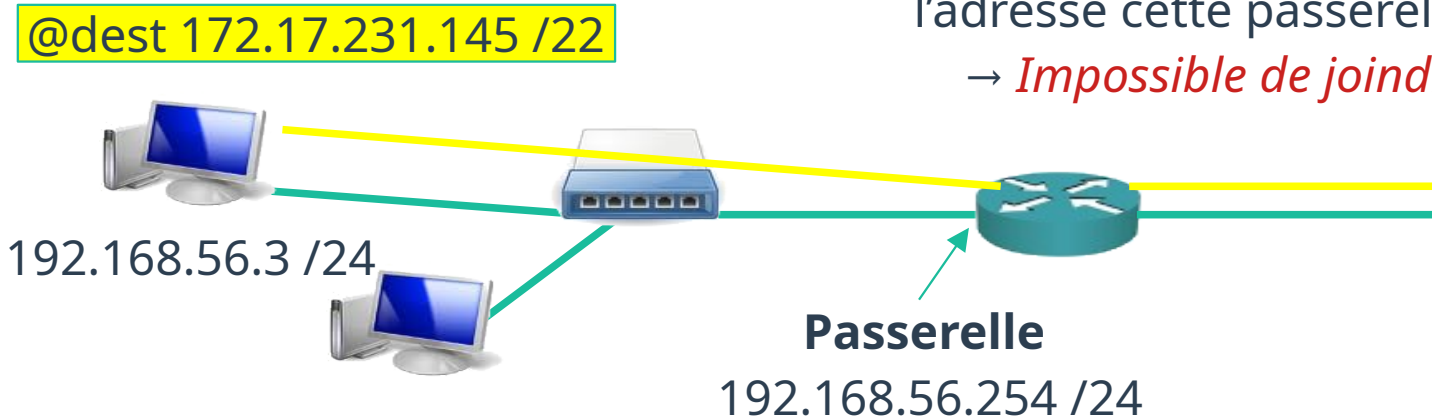


Routage au niveau de la machine

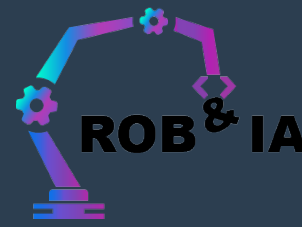


- La **passerelle par défaut** et l'adresse du routeur à qui on communique les paquets quand le destinataire n'est pas dans le même réseau.
- Une machine sur un réseau privé doit connaître l'adresse cette passerelle par défaut.

→ *Impossible de joindre l'extérieur du réseau sinon !*

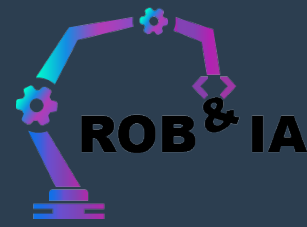


Passerelle par défaut



- 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

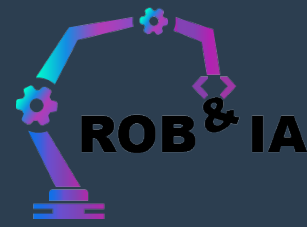


- Quelques bases sur IPv6

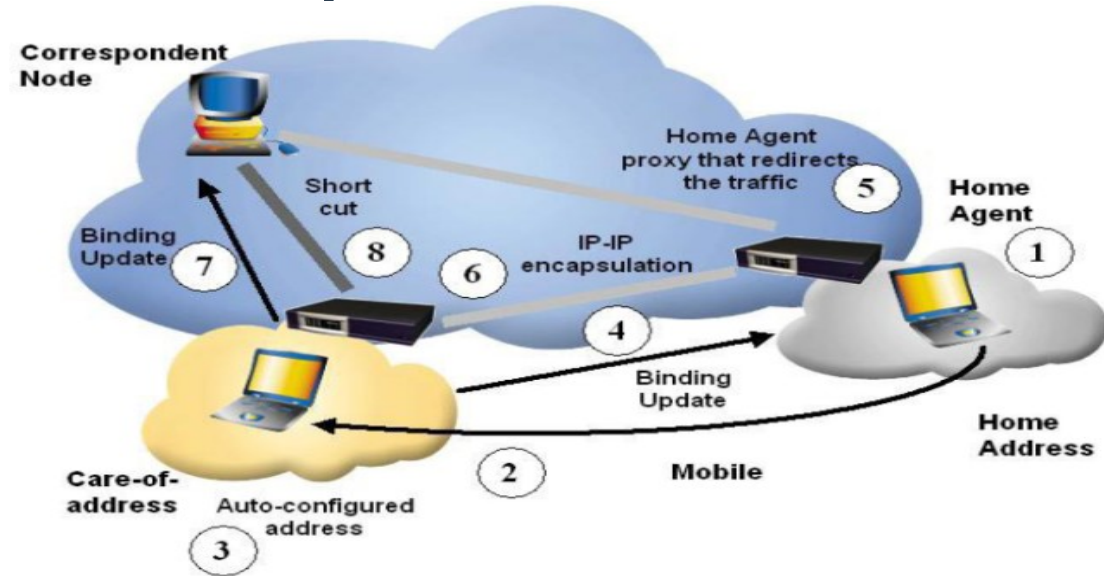
- Protocole de niveau 3
- Défini par la RFC 2460
- Pourquoi IPV6 ?



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

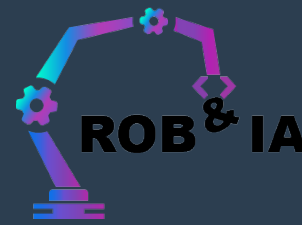




- **Changement d'adresse**

- 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

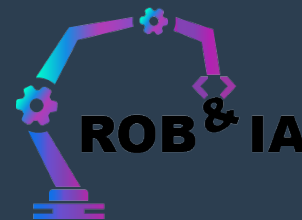


- 16 octets (au lieu de 4)
- Hexadécimal (au lieu de décimal pointé)
- 8 groupes de 2 octets séparés par des :
 - Ex : 2001:0db8:0000:85a3:0000:0000:ac1f:8001
- On peut simplifier
 - 1 et 1 seul groupe de 0 peut être remplacé par ::
 - Ex : 2001:0db8:0000:85a3:0000:0000:ac1f:8001
 - On peut supprimer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

- **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:db8:1f89:0:0:0:0:0 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

- **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

- **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

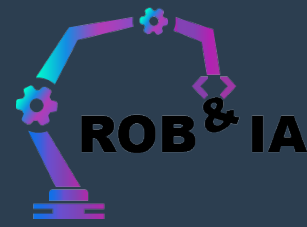


Notions de protocole et de service

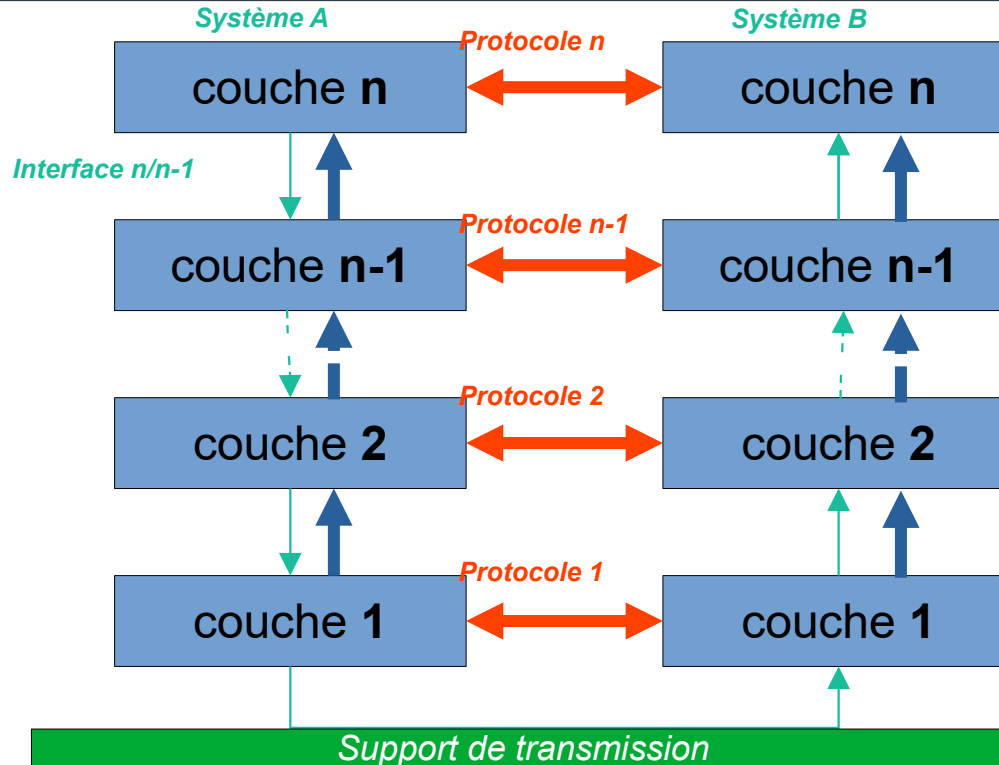


Protocol
service

Architecture en couches (layers)



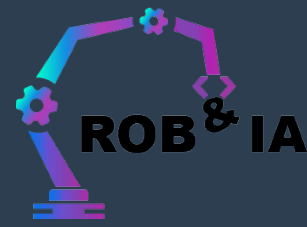
Les correspondants d'une même couche suivent le même protocole (= parlent le même langage)



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

Certificat
douane

carton

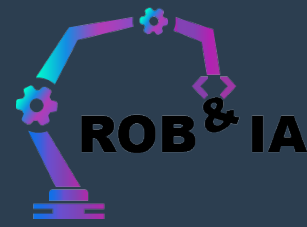
adresse

nounours

Lors de l'expédition du colis :

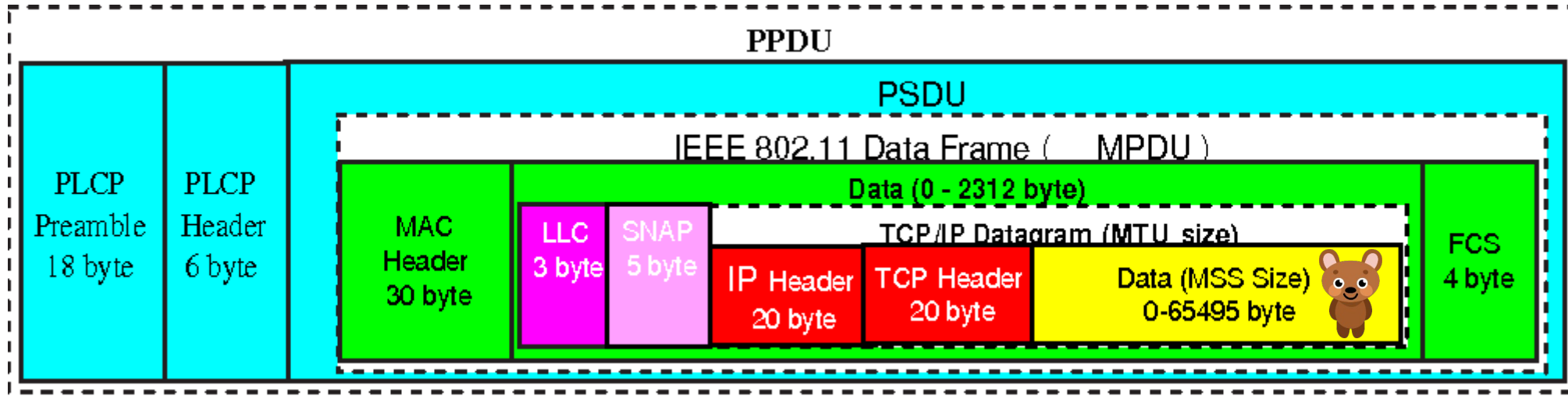
- Chaque couche place le contenu donné par la couche précédente dans un conteneur plus grand.
→ On parle d'**encapsulation des données**
- Les couches suivantes ne doivent pas savoir ce qu'il y a à l'intérieur : le facteur ne sait pas que c'est un nounours !
- chaque couche rajoute des informations *suivant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



Unité de données
de protocole N
(Protocol Data Unit)

Interface N/N-1
(Service Access Point)

SAP



A small blue circle with a vertical line passing through it, representing the Service Access Point.

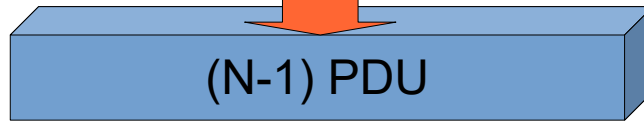
Information de contrôle
de protocole N-1
(Protocol Control Information)

(N-1) PCI

(N-1) SDU

Unité de données
de service N-1
(Service Data Unit)

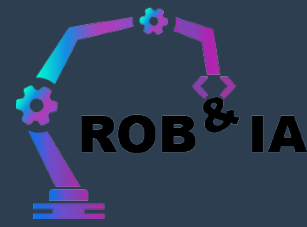
Couche N-1



Unité de données
de protocole 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

- **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

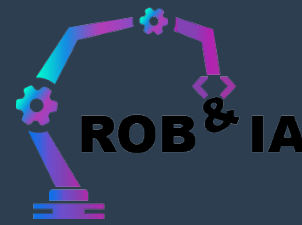
- **3 couches matérielles (3, 2, 1)**

- 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**

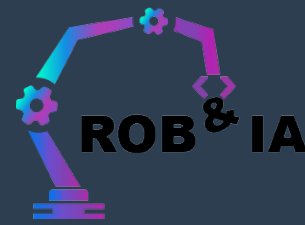
- IP, ICMP, IGMP, NetBEUI, RIP, OSPF, EIGRP
- Ethernet, PPP, MPLS, FDDI, FrameRelay
- Codage NRZ, Manchester, Miller, RS232, 100 baseTx

Application de l'encapsulation

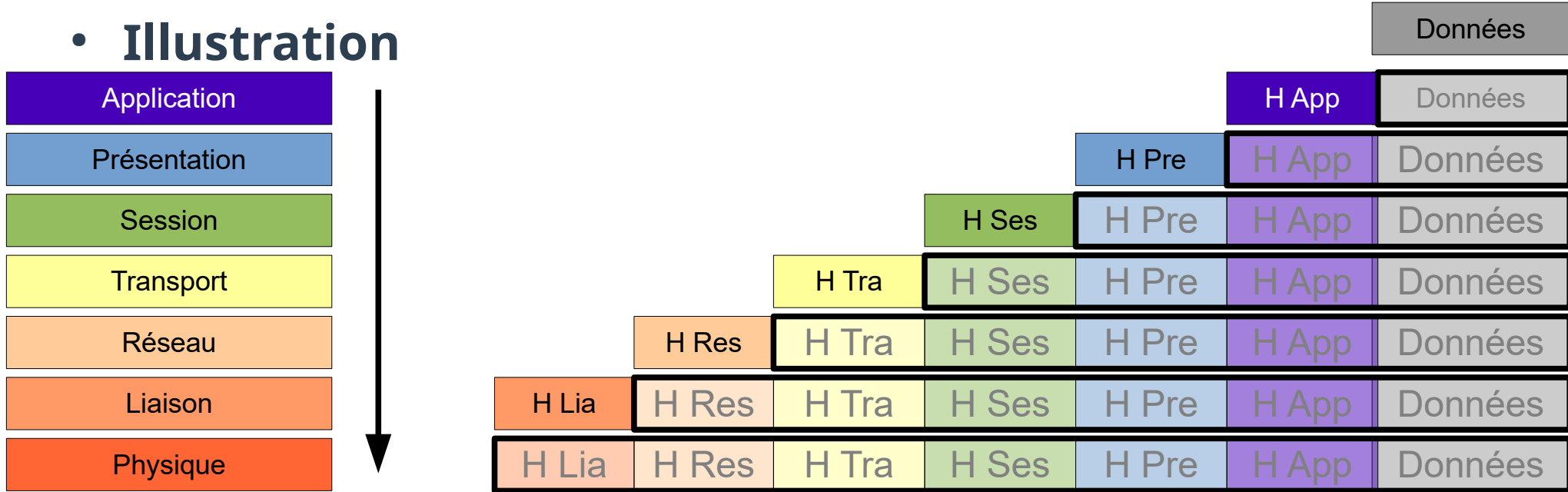


- **Seules les couches physiques communiquent directement**
- **Comment discutent les entités de la couche liaison ? (envoyer des trames)**
 - Demande de service à la couche physique
- **Comment discutent les entités de la couche réseau ?**
 - Demande de service à la couche liaison
- **Et ainsi de suite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

Application de l'encapsulation



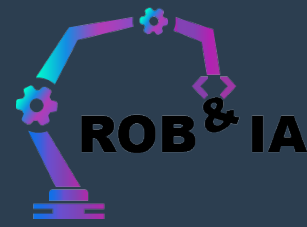
• Illustration



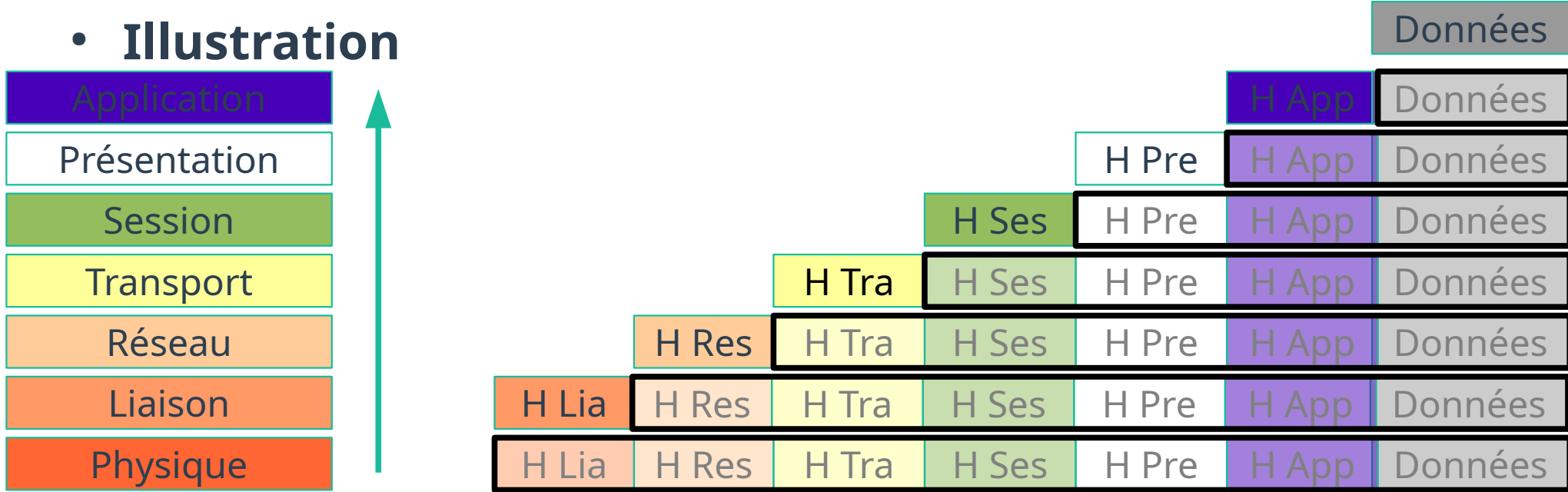
SDU d'une couche



Application de la "désencapsulation"



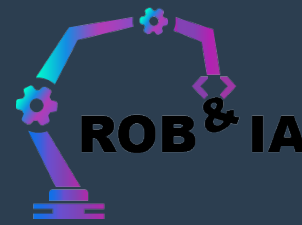
• Illustration



SDU d'une couche



Modèle Internet (TCP-IP)

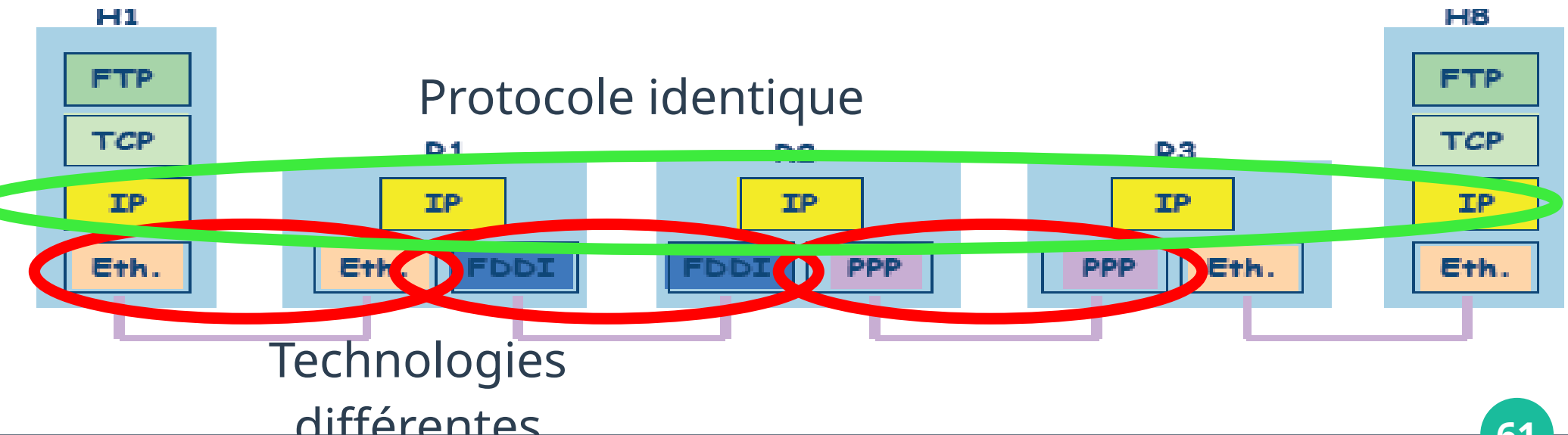


- Modèle **Internet**
- Basé sur le couple de protocoles TCP-IP
- Simplification du modèle OSI (moins de couches)
 - Regroupement des couches hautes 5, 6 et 7
- Utilisé car répandu et développé dans le monde universitaire
- Bénéficie des développement du monde Unix

Modèle Internet (TCP-IP)



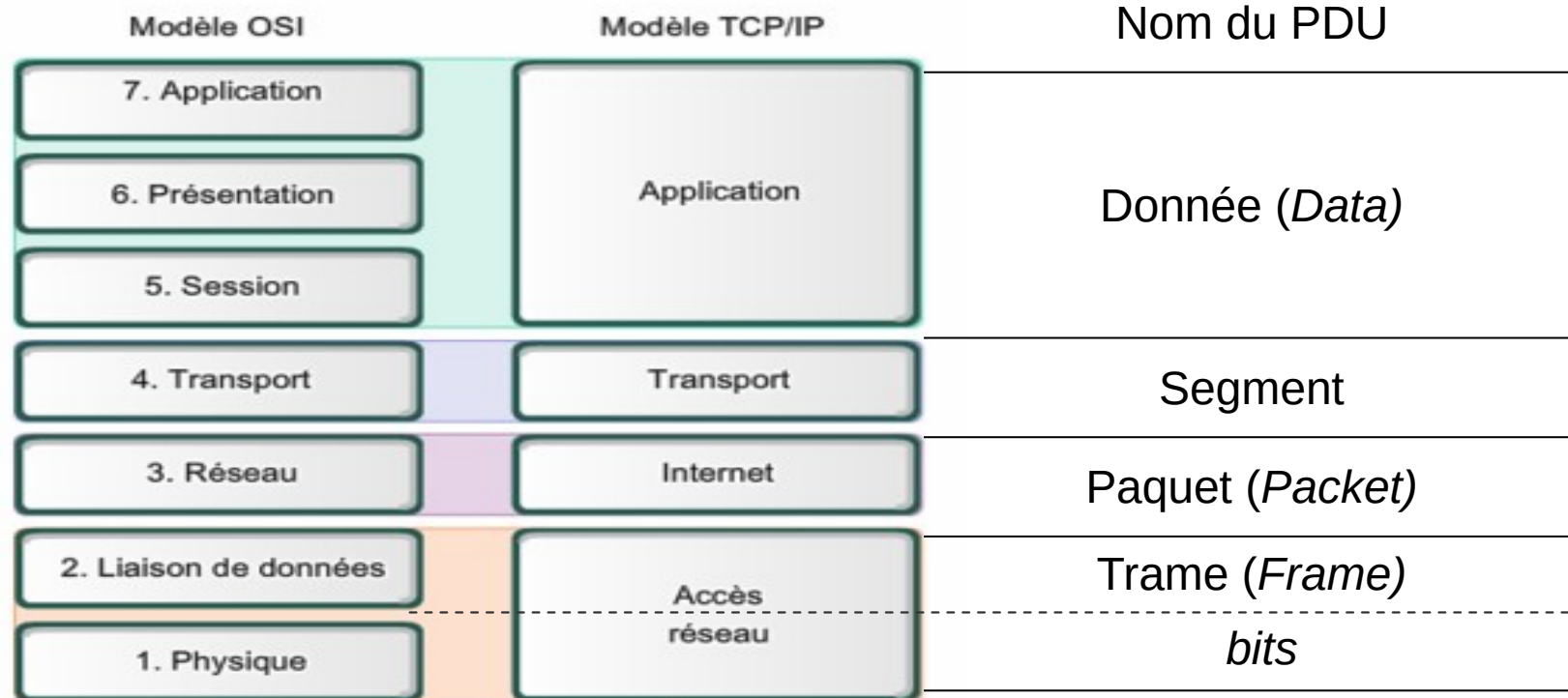
- Les couches 1 et 2 ne sont pas définies
- Objectif : assurer une homogénéité dans le réseau



Modèle Internet (TCP-IP)



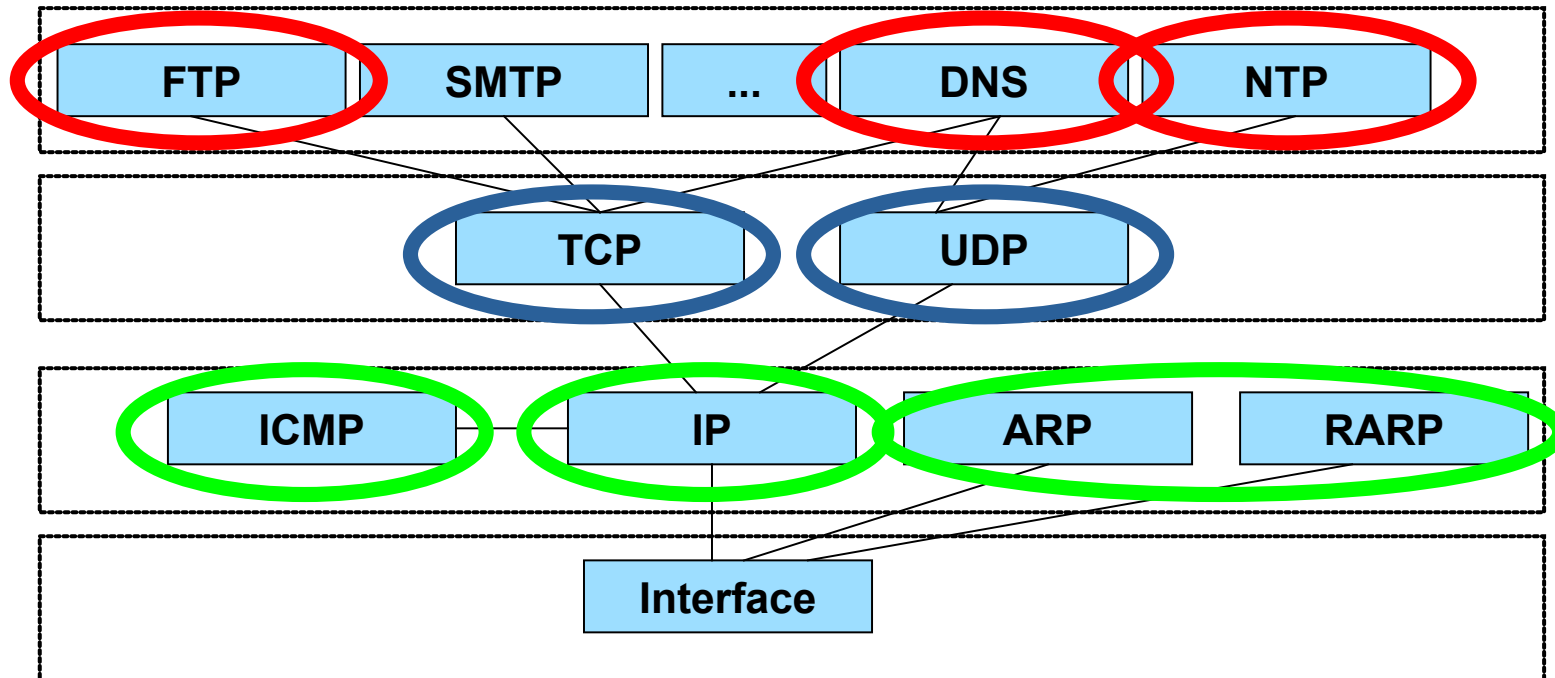
- Modèle 4 ou 5 couches



Modèle Internet (TCP-IP)



- Principaux protocoles du modèle Internet



II-3 Analyse de protocoles



- **Protocoles de couche 3**

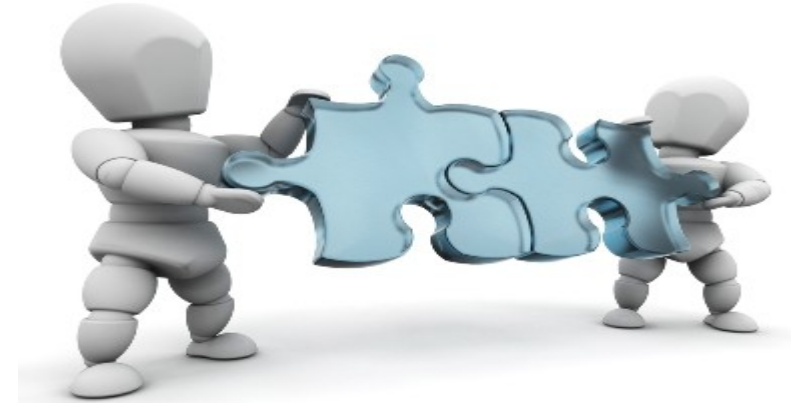
- ARP
- IP
- ICMP

Cours
Inversés

- **Protocole de couche 4**

- TCP
- UDP

Cours
Inversés



- **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 ?

- **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 ?

- **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 ?

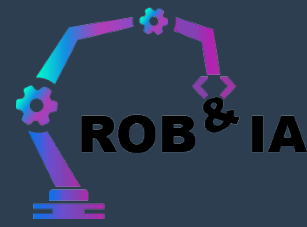
- **TCP**

- 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 ?

- **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



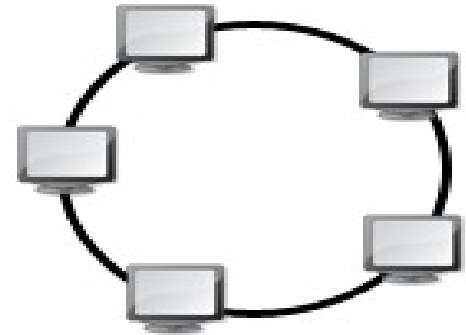
- **2 types de topologies**
 - Physique
 - Façon dont sont reliés les ordinateurs
 - Logique
 - Façon dont ils se comportent sur le réseau
 - Les 2 peuvent être différentes
 - Ex : hub
 - Topologie physique en étoile
 - Topologie logique en bus

Différentes topologies réseau



- **Anneau**

- Stations chaînées 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 défectueuse et le réseau est bloqué (sauf si anneau cicatrisant)
- Avantage faible coût



- **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



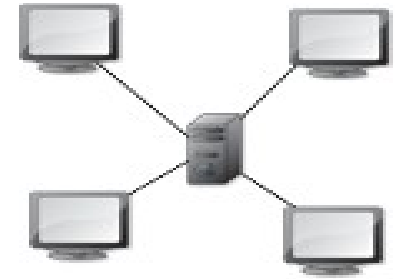
- **Topologie en arbre**

- 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



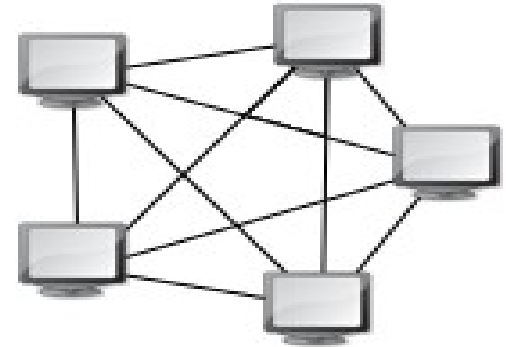
- **Topologie en étoile**

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



- **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