



La couche Réseau



Communication dans le
monde entier

Le protocole IP : Internet Protocol



Rappel

★ Couche 2 : couche liaison de données

- ◆ *Objectif* : communiquer sur le même réseau
- ◆ Adresse unique
 - Adresse Mac (Medium Access Control)
 - 6 octets
- ◆ Code détecteur/correcteur d'erreurs
 - Redondance dans les trames (FCS/ CRC)
- ◆ Format générique d'une trame



d :destination s: source

- ◆ 2 protocoles connus : Ethernet, Wifi

SCADA (1)

✦ Supervisory Control And Data Acquisition

Système de télégestion à grande échelle permettant de traiter en temps réel un grand nombre de télémesures et de contrôler à distance des installations techniques.

◆ Supervision

- Via des opérateurs, des ingénieurs, ... des humains

◆ Contrôle

- Télémétrie, Monitoring

◆ Acquisition

- Capteurs analogiques, digitals

◆ Communication

- Remontées des informations, des alarmes, etc...

ICS : Industrial Control System

SCADA (2)

✦ Vocabulaire

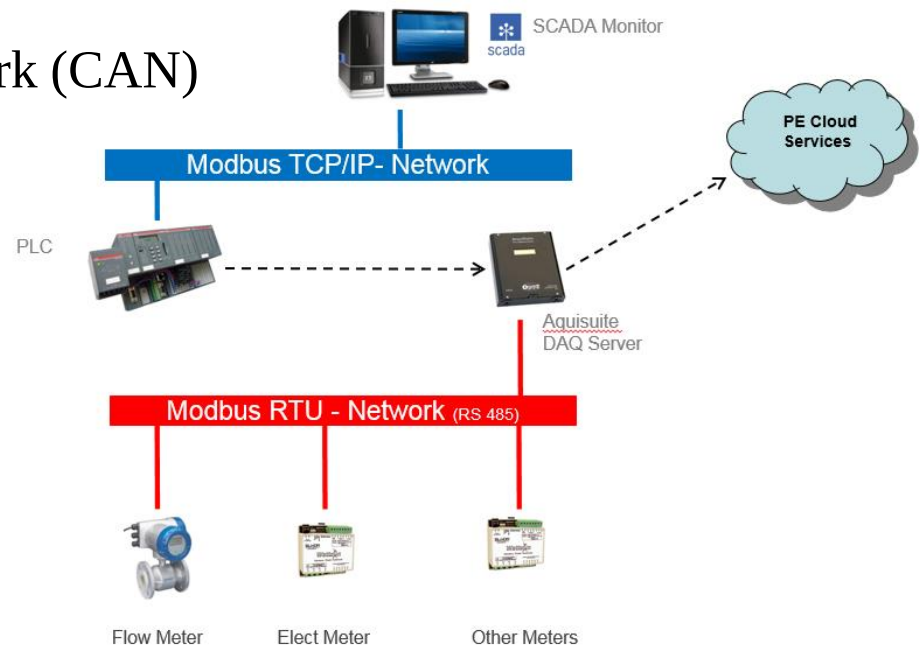
- ✦ SCADA est composé de nombreux **RTU** reliés entre eux par un système de communication et reliés à des **PLCs**, visualisation des infos via une **HMI** (Human Machine Interface)
- ✦ *RTU* : Remote Telemetry Unit
 - Système d'acquisition et de contrôle
 - Récupère et envoie les données ou des alarmes
 - Equipement maitre/esclave
- ✦ *PLC* (Programmable Logic Controller)
 - Gère les RTU et envoie des infos retravaillées au système SCADA

SCADA (3)

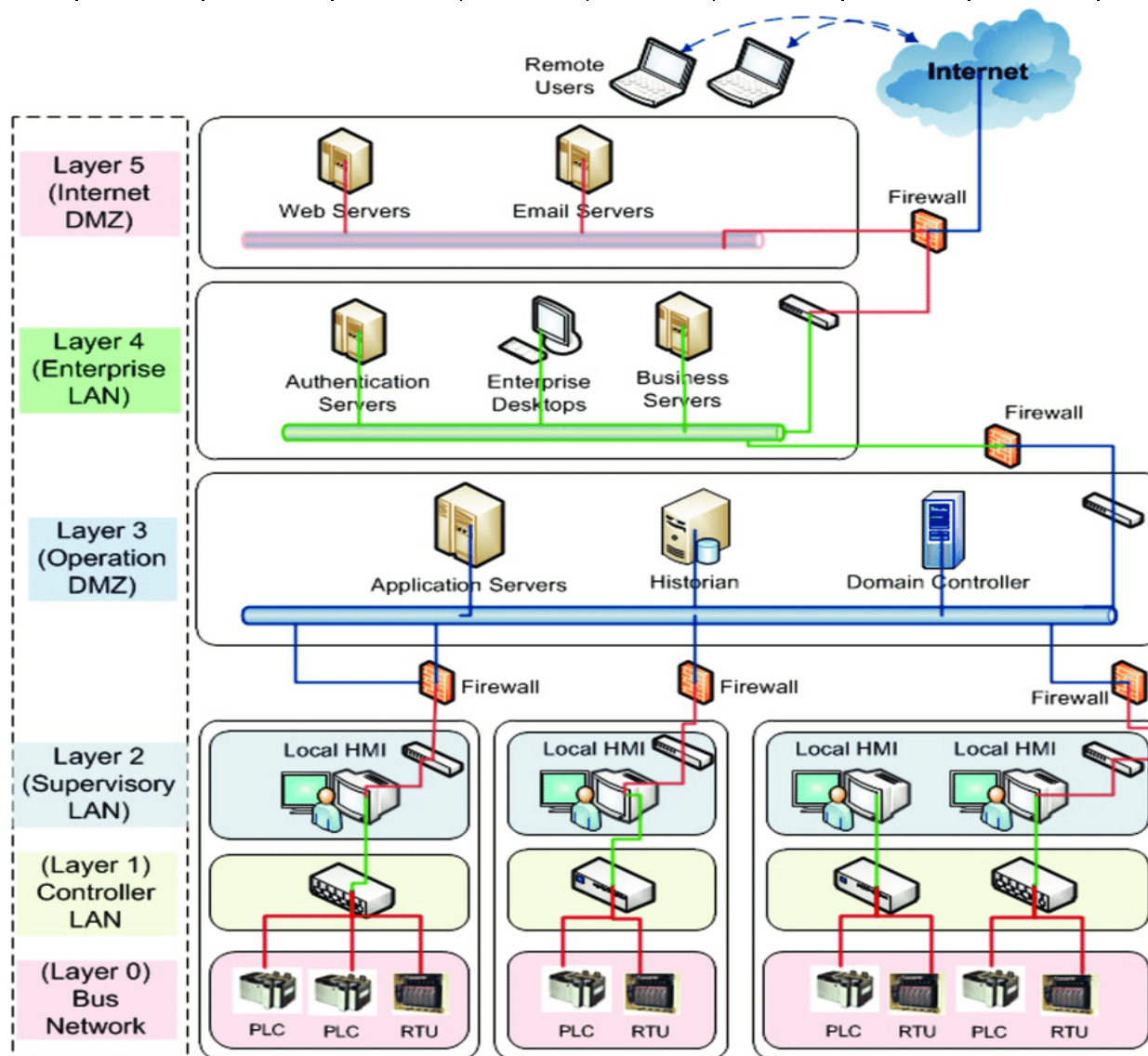
✦ Vocabulaire

✦ Communication -> Bus de terrain. (RLI : Réseaux Locaux Industriels)

- Modbus
- Fieldbus, Profibus
- Controller Area Network (CAN)
- Etc...



SCADA - Enterprise



Modbus (1)

- ✧ Réseau couche 1,2 et 7
- ✧ Utilisation Maître/Esclave
 - ◆ Modbus ou Modbus TCP sur port 502
- ✧ Jusqu'à 247 périphériques
 - ◆ Un esclave = 1 adresse unique physique sur 1 octet

✧ Trames :

- ◆ questions/réponses :

N° station esclave	Code fonction + bit d'erreur	Information spécifique concernant la demande	Mot de contrôle
1 octet	1 octet	n octets	2 octets

- ◆ Erreurs:

N° station esclave	Code fonction + bit d'erreur	Code d'exception	Mot de contrôle
1 octet	1 octet	1 octet	2 octets

ModBus (2)

✦ Modbus -> fiable

✦ CRC sur 16 bits.

✦ Code fonction

Code	Nature des fonctions MODBUS	TSX 37
H'01'	Lecture de n bits de sortie consécutifs	*
H'02'	Lecture de n bits de sortie consécutifs	*
H'03'	Lecture de n mots de sortie consécutifs	*
H'04'	Lecture de n mots consécutifs d'entrée	*
H'05'	Ecriture de 1 bit de sortie	*
H'06'	Ecriture de 1 mot de sortie	*
H'07'	Lecture du statut d'exception	
H'08'	Accès aux compteurs de diagnostic	
H'09'	Téléchargement, télé déchargement et mode de marche	
H'0A'	Demande de CR de fonctionnement	
H'0B'	Lecture du compteur d'événements	*
H'0C'	Lecture des événements de connexion	*
H'0D'	Téléchargement, télé déchargement et mode de marche	
H'0E'	Demande de CR de fonctionnement	
H'0F'	Ecriture de n bits de sortie	*
H'10'	Ecriture de n mots de sortie	*
H'11'	Lecture d'identification	*
H'12'	Téléchargement, télé déchargement et mode de marche	
H'13'	Reset de l'esclave après erreur non recouverte	

✦ Sécurité → ??

➡ stuxnet

Controller Area Network

✧ Réseau couche 1,2 et 7

✧ Utilisation Maître/Esclave

◆ Méthode d'accès CSMA/CR (Collision Resolution)

✧ Codage NRZ

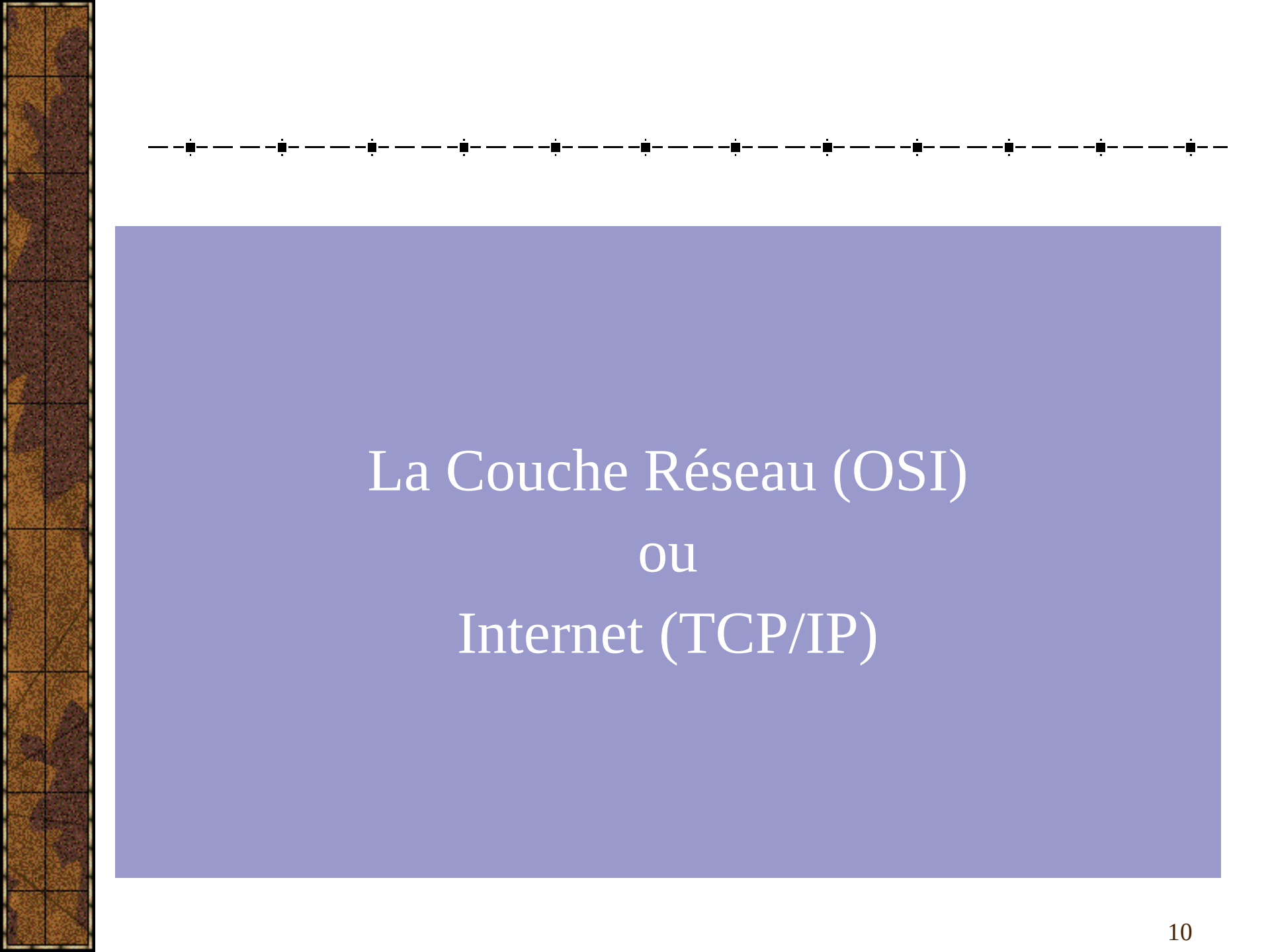
◆ Bit dominant : 0

◆ Bit récessif : 1

Field name	Length (bits)	Purpose
Start-of-frame	1	Début de trame (dominant)
Identifier	11	Identifiant unique pour la donnée
Remote transmission request (RTR)	1	Dominant pour une donnée, récessif pour une requête
Reserved bit (r0)	1	Bit de reserve (par défaut dominant, mais peut être aussi récessif)
Data length code (DLC)	4	Longueur des données en octets
Data field	0-8 bytes	données
CRC	15	Cyclic redundancy check
CRC delimiter	1	Must be recessive (1)
ACK slot	1	l'emetteur met en récessif, celui qui reçoit en dominant
ACK delimiter	1	Must be recessive (1)
End-of-frame (EOF)	7	Must be recessive (1)

◆ Utilisation du bit stuffing (après 5 bits)

◆ Si problème, 6 bits dominants consécutifs



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

Couche 3 - Généralité

- L'unité d'information est le **paquet**
- Les fonctionnalités principales de la couche 3
 - *Mode de connexion*
 - 2 modes existent :
 - ♦ connecté (ATM, X25,...)
 - ♦ 3 phases (connexion, transfert, déconnexion)
 - ♦ non connecté (IP,...)
 - *Désignation des systèmes (adressage)*
 - Unicité des adresses
 - *Calcul des routes*
 - Trouver un chemin entre la source et la destination
 - Création des tables de routage

Désignation

✦ Adressage

- ✦ L'adresse permet de déterminer de **façon unique** le destinataire d'un paquet et son emplacement géographique au niveau mondial.

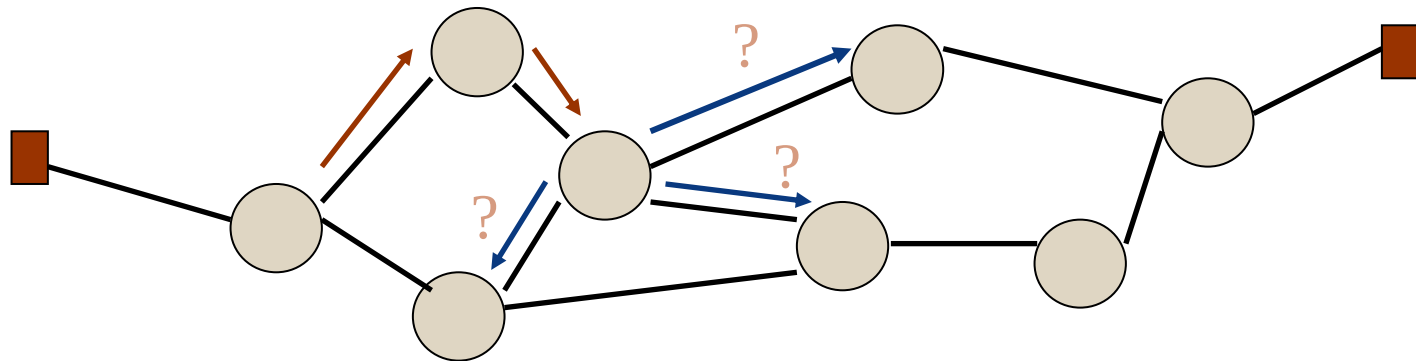
Ex : N° téléphone pour le RTC

N° IP pour une machine

- ✦ mode connecté après création circuit virtuel :
 - N° du circuit virtuel
- ✦ mode non connecté:
 - L'adresse complète pour chaque paquet

Routage (1)

L'acheminement des paquets vers un destinataire dans un réseau maillé est réalisé par un procédé appelé **routage**.



A chaque nœud correspond un routeur contenant *une table (table de routage)* et mettant en place des algorithmes permettant *l'acheminement des paquets dans Internet* et éventuellement la mise à jour des tables automatiquement.

Les nœuds routent du mieux qu'ils peuvent (notion de best effort d'IP).

Routages (2)

Politiques de calcul

- Fixe (une fois pour toutes)
- Adaptative aux modifications de topologie ou de charge

Participants aux calculs

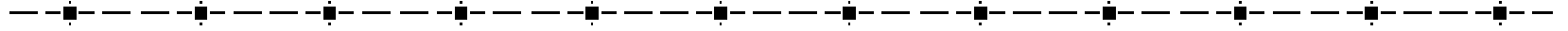
- Un seul centre (routage centralisé)
- Tout ou partie des systèmes appelés, **routeurs** (routage distribué ou réparti)

Portée du calcul

- Le prochain pas (hop by hop)
- Toute la route (source routing)

Méthodes de calcul

- Aléatoire (dirigé ou non)
- Inondation
- Avec table de routage
 - Fixes
 - Adaptatives
 - Nécessitent la transmission d'informations d'état de la topologie et de la charge
 - Protocoles d'échange d'informations de routage : RIP, BGP, OSPF, IS-IS...



Internet Protocol

IPv4 (1)

✦ Caractéristiques

- ✦ Destinataire unique ou multiple
- ✦ Mode non connecté
 - pas de garantie de livraison
 - pas d'avertissement en cas de non livraison
- ✦ Mais, ...livraison sans erreur quand le paquet arrive

Adresse IP pour chaque carte réseau, pas par hôte

➤ Adresse IPv4 : **32 bits**

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

exemple : 193.55.95.26, 12.15.3.2, 223.0.0.1

Max = 2^{32} = 4,2 Milliards

IPv4 (2)

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

Unique au niveau mondial

✦ *Partie réseau* : donnée par des instances internationales
(RIR – Regional Internet Registry)

✦ *Partie hôte* : donnée par les responsables du site

✦ A partir d'une @IP, où se trouve la partie réseau ?

- ✦ **Utilisation du masque**

- ✦ **Le masque est donné avec l'@IP**

- Faire un "et" bit à bit pour trouver la partie réseau

Exemple : @IP : 193.55.95.32 masque : 255.255.255.0



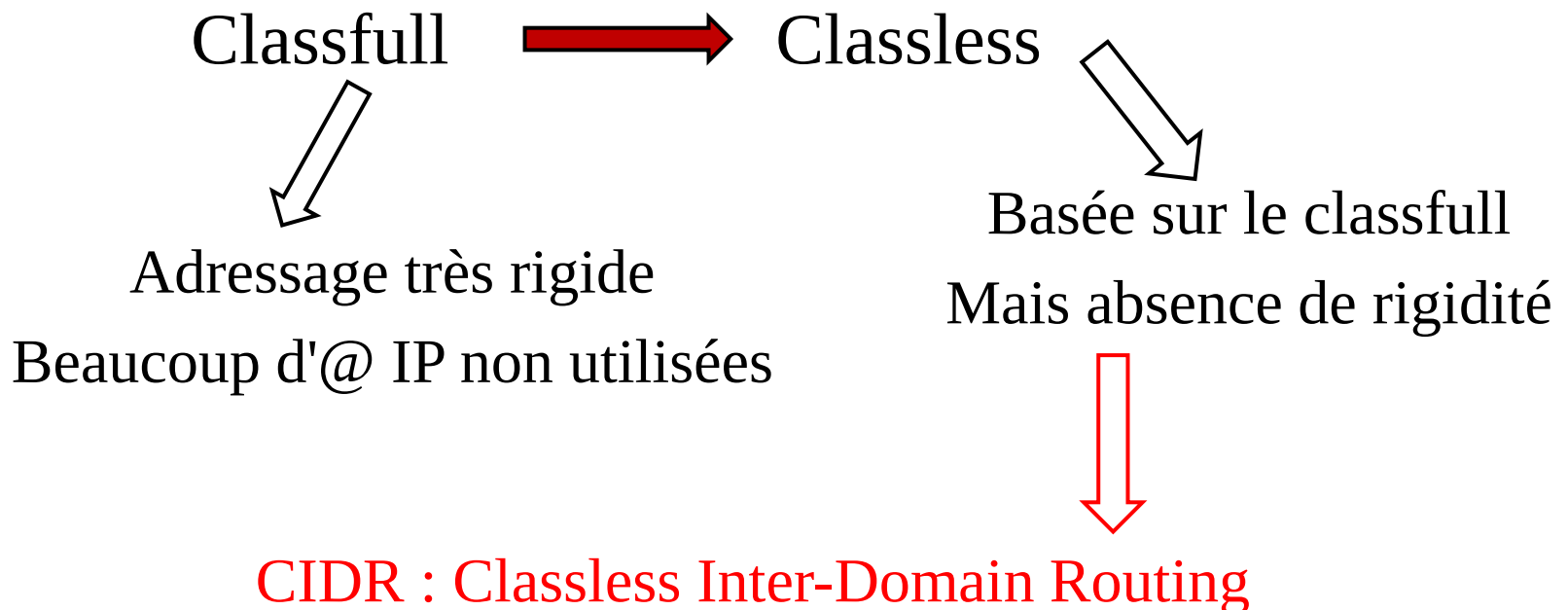
réseau : 193.55.95.0

IPv4 (3)

✦ Pour chaque réseau, 2 adresses réservées :

- ◆ Adresse réseau : tous les bits hôtes à 0,
- ◆ Adresse broadcast : tous les bits hôtes à 1

✦ Evolution de l'adressage réseau



IPv4 (4)

✱ Par défaut,...

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

Une classe C ne peut contenir que 254 machines.

Exemple : @réseau : 200.10.15.0

@machines : 200.10.15.1

@broadcast : 200.10.15.255

..... 200.15.10.254

IPv4 (5)

✦ Adresses IP privées (RFC 1918)

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

Dans un réseau :

- Toutes les @IPs ont le même préfixe réseau
- Les numéros hôtes sont distincts

Quelques exemples

Adresse IP : 195.12.13.15

Adresse de classe A, B ou C ?

Masque par défaut : ?

Adresse réseau de cet ordinateur ?

Classe C, masque 255.255.255.0, réseau : 195.12.13.0

Adresse IP : 123.0.13.15

Adresse de classe A, B ou C ?

Masque par défaut : ?

Adresse réseau de cet ordinateur ?

Classe A, masque 255.0.0.0, réseau : 123.0.0.0

En-tête IPv4

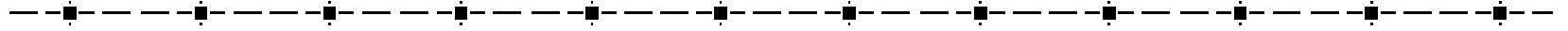
En-tête IPv4																															
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Version d'IP				Longueur de l'en-tête				Type de service								Longueur totale															
Identification																Indicateur		Fragment offset													
Durée de vie								Protocole								Somme de contrôle de l'en-tête															
Adresse source																															
Adresse destination																															
Option(s) + remplissage																															

Encapsulation :

niveau 2	niveau 3	niveau 4 etc...
----------	----------	-----------------

Champs principaux pour l'envoi des données :

@MACd	@MACs	@IPs	@IPd	niveau 4 etc...
-------	-------	------	------	-----------------



TP Mise en place d'un réseau

- HUB, switch
- Table de commutation
- STP (Spanning Tree Protocol)