



# La couche Réseau (suite)



L'adressage IPv6

Le routage statique

Sous-réseau et VLAN



# Un switch

- 
- ✦ Permet la connexion point à point (full-duplex)
  - ✦ **Apprentissage des @MAC**
    - ✦ Table d'adresse mac
  - ✦ Laisse passer les trames du niveau 2 en broadcast
  - ✦ Mise en place de STP pour éviter les boucles.
  - ✦ **Permet de sécuriser le réseau car les données ne sont transmises que sur le lien destinataire**
  - ✦ **Création de VLAN (virtual LAN) ( cf plus loin dans le cours)**
  - ✦ Pb : possibilité de saturer la table des @MAC → Hub
  - ✦ **Sécurisation des ports du switch**

# Adresse IP par Equipement

---

## Adressage équipement

✦ Ordinateur, serveur :

- Obligatoire pour communiquer

✦ HUB :

- Pas d'adresse IP

✦ Switch :

- Pas d'adresse IP

sauf si switch manageable à distance

✦ Téléphone en 3G, 4G, 5G :

- Obligatoire pour communiquer

# IPv6 (1)

---

## ✦ Raisons:

- ◆ Croissance rapide d'internet ➡ manque d'adresses IP
- ◆ Tables de routage gigantesques...
- ◆ Des fonctionnalités manquantes à mettre en œuvre

## ✦ Caractéristiques:

- ◆ Adresse sur 16 octets (128 bits, 8 \* 16 bits)
- ◆ Fonctionnalités nouvelles :
  - sécurité (chiffrement des paquets, authentification,...)
  - source routing
  - Gestion du temps réel
  - autoconfiguration (amélioration de DHCP, passage par ICMPv6)

# IPv6 (2)



## ✦ Les différentes sortes d'adresses

### ◆ Unicast

-> pour un destinataire unique

### ◆ Multicast

-> pour désigner un groupe d'interfaces, donc un groupe de machines

### ◆ Anycast

-> pour désigner une interface, appartenant à un groupe de machines

-> théoriquement, la machine la plus proche doit recevoir le paquet

### ◆ Broadcast

-> n'existe plus.

# Adressage IPv6 (1)

---

- ◆ Utilisation de la notation hexadécimale, en regroupant les chiffres par 4 et en les séparant par ‘:’

ex : FEDC:E323:A65A:95F5:63D4:08BB:76F5:A234

- ◆ Disparition des sous-réseaux, apparition de **la taille du préfixe ‘/’**

(nb de bits appartenant au préfixe réseau)

ex : 2F45:EE34:C23E::/48

- ◆ Elimination des 0 présents dans l’adresse:

ex : 2001:0:0:0:0:342D:342F:FF45



2001::342D:342F:FF45

# Adressage IPv6 (2)

---

- ◆ Loopback :  $::1/128$
- ◆ Non spécifié :  $0::0$  -> utilisation avec DHCPv6
- ◆ Adresse de lien local :
  - > préfixe :  $FE80::/10$  (111111010...)
  - configuration automatique, adresse non routable
- ◆ Adresse de site local :
  - > préfixe :  $FEC::/10$  (111111011...)
  - configuration pour un site, adresse non routable au niveau d'Internet (correspond aux adresses privées)
- ◆ Adresse compatible avec Ipv4 (adresse mappée)
  - >  $0::FFFF:adresse\ IPv4$  (32 bits)

# Adressage IPv6 (3)

---

## ✦ Adresse Unicast

- ◆ 64 bits pour le réseau
  - 48 bits pour le préfixe global de routage (topologie publique)
    - théoriquement, 3 premiers bits à : 001
    - 45 bits suivants dépendent de l'IANA, et donc RIPE-NCC
  - 16 bits pour le réseau d'entreprise (topologie du site)
- ◆ 64 bits pour l'hôte
  - 64 bits -> interface (unicast -> utilisation de icmpv6)

L'adresse commence en général par 2001:.... et se termine par l'adresse MAC modifiée:

*3 octets (constructeur) + FFFE (16 bits) + 3 octets (unique MAC)*

# Adressage IPv6 (4)

---

## ✦ Adresse Multicast

- ✦ indicateur (8 b) + drapeau (4 b) + visibilité (4 b) + group Id (112 b)
  - Indicateur : FF (1 octet avec que des 1)
  - Drapeau : 000 puis 0 pour un groupe permanent, 1 sinon
  - Visibilité : sur internet, local à l'entreprise...
    - ◆ Node – Local (même médium) → visibilité =1
    - ◆ Link – Local (même domaine broadcast) → visibilité =2
    - ◆ Site – Local (même site) → visibilité =5
    - ◆ Organization – Local (même entreprise) → visibilité =8
    - ◆ Global → visibilité =E
- ✦ Group id : 1 = machines, 2 = routeurs, 4 = OSPF routers, ....
- ✦ Exemple : *FF01::1 -> multicast pour node local et machines (id =1)*  
*FF05::2 -> multicast pour site-local et routeurs (id =2)*

# Adressage - commande

## ✦ Windows

- ◆ ipconfig ou ipconfig /all

```
Carte Ethernet Ethernet :

Suffixe DNS propre à la connexion. . . : local.isima.fr
Adresse IPv4. . . . . : 172.16.74.234
Masque de sous-réseau. . . . . : 255.255.240.0
Passerelle par défaut. . . . . : 172.16.79.254
```

## ✦ Linux

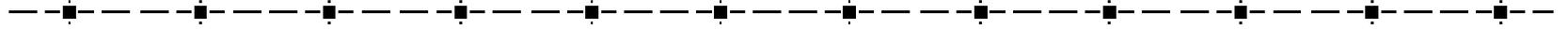
- ◆ ifconfig ( obsolète) ,

ip a

```
eth0: flags=4163<UP,BROADCAST,RUNNING,MULTICAST> mtu 1500
    inet 172.16.74.234 netmask 255.255.240.0 broadcast 172.16.79.255
    ether d8:9e:f3:4b:58:fc (Ethernet)
    RX packets 0 bytes 0 (0.0 B)
    RX errors 0 dropped 0 overruns 0 frame 0
    TX packets 0 bytes 0 (0.0 B)
    TX errors 0 dropped 0 overruns 0 carrier 0 collisions 0

lo: flags=73<UP,LOOPBACK,RUNNING> mtu 1500
    inet 127.0.0.1 netmask 255.0.0.0
    inet6 ::1 prefixlen 128 scopeid 0xfe<compat,link,site,host>
    loop (Local Loopback)
    RX packets 0 bytes 0 (0.0 B)
    RX errors 0 dropped 0 overruns 0 frame 0
    TX packets 0 bytes 0 (0.0 B)
    TX errors 0 dropped 0 overruns 0 carrier 0 collisions 0
```

```
13: eth0: <BROADCAST,MULTICAST,UP> mtu 1500 group default qlen 1
    link/ether d8:9e:f3:4b:58:fc
    inet 172.16.74.234/20 brd 172.16.79.255 scope global dynamic
        valid_lft 85208sec preferred_lft 85208sec
1: lo: <LOOPBACK,UP> mtu 1500 group default qlen 1
    link/loopback 00:00:00:00:00:00
    inet 127.0.0.1/8 brd 127.255.255.255 scope global dynamic
        valid_lft forever preferred_lft forever
    inet6 ::1/128 scope host dynamic
        valid_lft forever preferred_lft forever
```



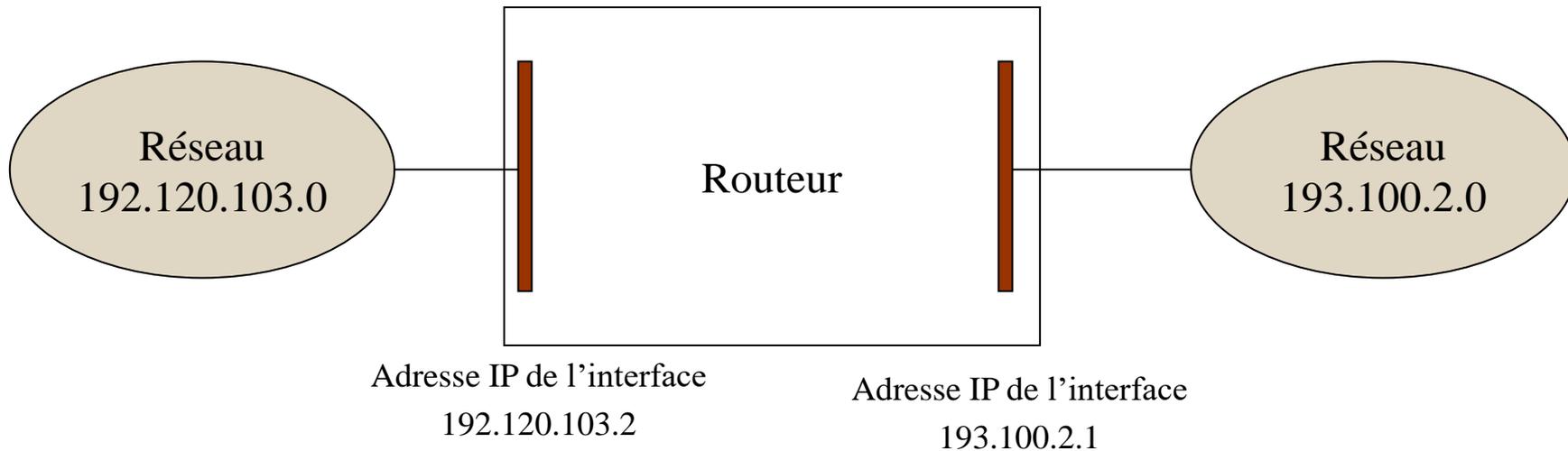
Le Routage  
en mode non connecté  
Routage IP

# Architecture d'un routeur

## ➤ Architecture du Routeur:

Station composée de plusieurs cartes réseau, lui permettant de se connecter à plusieurs réseaux locaux ( au moins 2).

Dans ce cas, une carte réseau est appelée **une interface du routeur**



**L'adresse de l'interface réseau doit appartenir au réseau**

**Un routeur sépare au moins 2 réseaux**

# Mode non connecté

✦ *Tout équipement de niveau 3 à une table de routage*

◆ PC, routeur, mais ni HUB, ni switch

✦ Composition d'une table de routage

◆ 4 colonnes (ou lignes):

- @ réseau distant
- Masque du réseau distant
- @IP du saut suivant pour atteindre le réseau distant
- Interface de sortie

La table de routage ne donne que l'@IP du prochain système sur la route vers la destination

(hop by hop)

# Fonctionnement table de routage (1)

- Exemple de table de routage du routeur 193.65.20.1

@IP réseau distant	Masque	@IP saut suivant	interface
193.65.20.0	255.255.255.0	193.65.20.1	eth0
136.30.0.0	255.255.0.0	193.65.20.254	eth0
0.0.0.0	0.0.0.0	193.65.20.100	eth0

## □ Utilisation de la table de routage

- Soit @Ipd adresse de destination finale
- Pour chaque ligne de la table de routage
  - faire un "et" binaire entre @Ipd et Masque
  - Comparer le résultat avec l'@IP réseau distant
    - Si différente, passer à la ligne suivante
    - Sinon @IP du prochain saut : @IP saut suivant pour le paquet
- Si plus de ligne, échec, abandon du paquet

Commande pour voir la table de routage : **netstat -r** ou **ip route**

# Exemple table de routage (1)

## IPv4 Table de routage

### Itinéraires actifs :

Destination réseau	Masque réseau	Adr. passerelle	Adr. interface	Métrieque
0.0.0.0	0.0.0.0	172.16.79.254	172.16.65.100	276
127.0.0.0	255.0.0.0	On-link	127.0.0.1	306
127.0.0.1	255.255.255.255	On-link	127.0.0.1	306
127.255.255.255	255.255.255.255	On-link	127.0.0.1	306
172.16.64.0	255.255.240.0	On-link	172.16.65.100	276
172.16.65.100	255.255.255.255	On-link	172.16.65.100	276
172.16.79.255	255.255.255.255	On-link	172.16.65.100	276
192.168.56.0	255.255.255.0	On-link	192.168.56.1	276
192.168.56.1	255.255.255.255	On-link	192.168.56.1	276
192.168.56.255	255.255.255.255	On-link	192.168.56.1	276
224.0.0.0	240.0.0.0	On-link	127.0.0.1	306
224.0.0.0	240.0.0.0	On-link	192.168.56.1	276
224.0.0.0	240.0.0.0	On-link	172.16.65.100	276
255.255.255.255	255.255.255.255	On-link	127.0.0.1	306
255.255.255.255	255.255.255.255	On-link	192.168.56.1	276
255.255.255.255	255.255.255.255	On-link	172.16.65.100	276

### Itinéraires persistants :

Adresse réseau	Masque réseau	Adresse passerelle	Métrieque
0.0.0.0	0.0.0.0	172.16.79.254	Par défaut

Sous windows, lecture de bas en haut....

# Exemple table de routage (2)

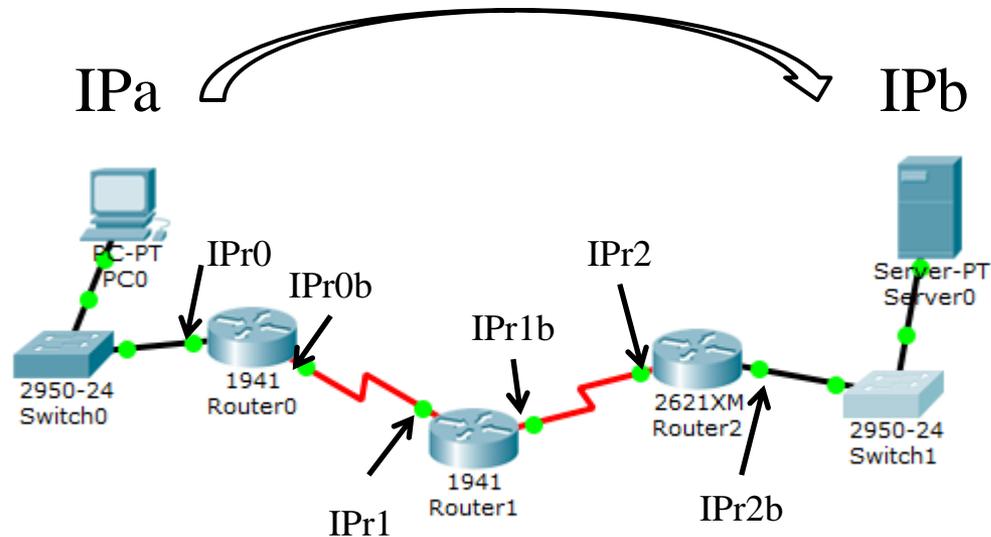
Exemple sous linux :

```
[palauren@turing ~]$ netstat -rn
Kernel IP routing table
Destination      Gateway          Genmask         Flags   MSS Window  irtt  Iface
0.0.0.0          172.16.47.254   0.0.0.0         UG      0  0           0  enp109s0f1
172.16.32.0      0.0.0.0         255.255.240.0   U           0  0           0  enp109s0f1
192.168.122.0    0.0.0.0         255.255.255.0   U           0  0           0  virbr0
[palauren@turing ~]$
```

- Lecture de bas en haut
- 2 cartes réseaux : @IP : 172.16.32.21  
@IP : 192.168.122;1
- Si gateway = 0.0.0.0 ou \*, alors gateway inutile  
**même médium que le destinataire**  
*(paquet est presque arrivé à destination...)*

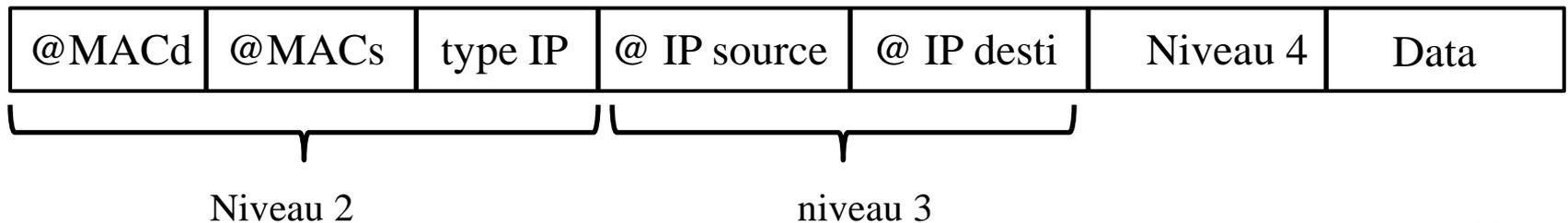
```
[palauren@turing ~]$ ip route
default via 172.16.47.254 dev enp109s0f1 proto static metric 100
172.16.32.0/20 dev enp109s0f1 proto kernel scope link src 172.16.32.21 metric 100
192.168.122.0/24 dev virbr0 proto kernel scope link src 192.168.122.1 linkdown
```

# Utilisation routage (1)



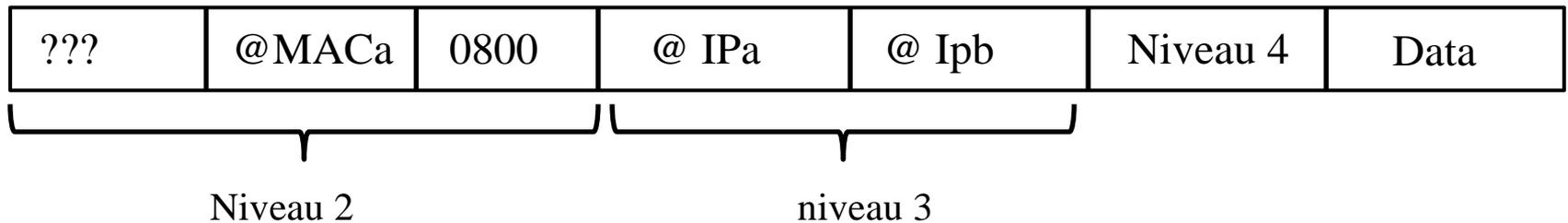
4 réseaux - (Ipa et IPr0) (IPr0b et IPr1) - (IPr1b et IPr2) - (IPr2b et Ipb)

## Constitution de la trame



# Utilisation routage (2)

## Constitution de la trame



➤ utilisation de la table de routage

**Mais récupération de l'@IP du saut suivant !!!**

**On cherche → @MAC**

**ARP : Address Resolution Protocol**

**correspondance @MAC ↔ @IP**

# ARP (1)

---

## ✦ ARP

- ✦ *But* : obtenir une correspondance entre @IP d'un PC et son adresse MAC
- ✦ A désire envoyer un message à une station B, et connaît son adresse IP. Mais, adresse MAC inconnue pour envoyer sa trame Ethernet.
- ✦ A envoie donc un *broadcast Ethernet ARP* qui contient l'adresse IP demandée (B) .
- ✦ Toutes les stations reçoivent ce message et examinent l'adresse IP demandée.
- ✦ Seule la station B répond à la requête ARP. Elle insère dans la réponse sa propre adresse MAC. Réponse en unicast.
- ✦ La station A récupère le message, *stocke dans sa table ARP la correspondance @IP ↔ @MAC* et peut maintenant envoyer des données à la station B en utilisant cette adresse MAC.

# ARP (2)

## ✦ 2 étapes

- ✦ On regarde dans table ARP si correspondance (arp -a)  
(stockage temporaire des informations)
- ✦ Une requête ARP est faite sur le réseau

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
111	13.464961	192.168.1.1	192.168.1.17	TCP	54	80 → 53795 [ACK] Seq=2473 Ack=4501 Win=13343 Len=0
112	13.502360	192.168.1.17	192.168.1.1	TCP	54	53796 → 80 [ACK] Seq=3746 Ack=2175 Win=254 Len=0
113	13.517112	SamsungE_be:e0:fe	Broadcast	ARP	42	Who has 192.168.1.17? Tell 192.168.1.18
114	13.517202	HonHaiPr_53:55:9b	SamsungE_be:e0:fe	ARP	42	192.168.1.17 is at 64:27:37:53:55:9b

```
> Frame 113: 42 bytes on wire (336 bits), 42 bytes captured (336 bits) on interface 0
> Ethernet II, Src: SamsungE_be:e0:fe (bc:b1:f3:be:e0:fe), Dst: Broadcast (ff:ff:ff:ff:ff:ff)
v Address Resolution Protocol (request)
  Hardware type: Ethernet (1)
  Protocol type: IPv4 (0x0800)
  Hardware size: 6
  Protocol size: 4
  Opcode: request (1)
  Sender MAC address: SamsungE_be:e0:fe (bc:b1:f3:be:e0:fe)
  Sender IP address: 192.168.1.18
  Target MAC address: 00:00:00_00:00:00 (00:00:00:00:00:00)
  Target IP address: 192.168.1.17
```

```
C:\Users\Isima>arp -a
Interface : 172.16.65.100 --- 0xb
Adresse Internet      Adresse physique      Type
172.16.64.4           98-e7-f4-ec-32-33    dynamique
172.16.64.5           18-03-73-32-cb-11    dynamique
172.16.64.9           48-4d-7e-d0-29-b6    dynamique
172.16.64.38          b8-ca-3a-ba-2e-38    dynamique
172.16.64.70          18-03-73-d5-39-2b    dynamique
172.16.64.86          18-03-73-d6-6d-25    dynamique
172.16.64.99          00-1c-c0-52-ba-af    dynamique
172.16.64.102         18-03-73-d6-5a-75    dynamique
172.16.64.103         18-03-73-d6-61-61    dynamique
172.16.64.106         d4-be-d9-da-78-80    dynamique
172.16.64.112         00-24-e8-30-33-f3    dynamique
172.16.64.117         18-03-73-d6-5c-19    dynamique
172.16.64.130         c8-1f-66-d1-9a-f4    dynamique
172.16.64.133         b8-ac-6f-a2-18-44    dynamique
172.16.64.250         e0-cb-4e-12-78-0a    dynamique
172.16.64.252         90-e6-ba-60-50-2f    dynamique
172.16.65.13         d4-be-d9-63-78-f7    dynamique
172.16.65.65         d0-67-e5-3b-20-ab    dynamique
```

# Utilisation routage (2 bis)

---

## Attention

➤ La réponse à une requête ARP prend du temps

❖ Pas le temps d'attendre pour certains protocoles ( ICMP)

⇒ Renvoi **fail** à la demande

### Pour le ping (ICMP)

**minimum 2 essais**

Windows : 5 essais

Cisco : 4 essais

Linux : infini,...



# Utilisation routage( 4)

---

## ✦ Utilisation table de routage

- ◆ Toujours le même principe
- ◆ Si aucune route trouvée,
  - ⇒ abandon du paquet....
- ◆ Si paquet tourne en rond, mise en œuvre du TTL
  - ⇒ abandon du paquet ...

## Création table de routage ??

- Statiquement
- Dynamiquement

# Création statique

---

## ✦ Création de la table de routage statique

### ◆ Renseigne manuellement les 3 champs

- @réseau destination
- Masque du réseau destination
- @IP du prochain routeur vers la destination

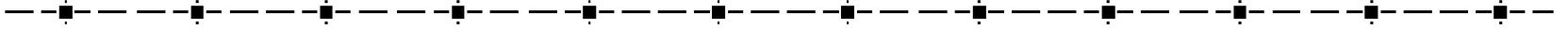
◆ Remarque : l'adresse prochain routeur appartient au même réseau que le routeur

### ◆ Reste valide tout le temps

Même si la liaison tombe

**Route prioritaire** par rapport à du routage dynamique

**Ne pas oublier d'indiquer la passerelle sur les PCs**



TP Cisco packet Tracer  
Routage statique entre réseaux



# Les sous-réseaux

# Les sous-réseaux (1)

## ✦ Les sous-réseaux ( ou réseaux...)

- ◆ Objectif : prendre un réseau de **classe A, B ou C** et le sous-divisé en plus petits ...

- ◆ Différentes étapes :

- Trouvez la classe du réseau initial
- Créer des sous-réseaux en jouant sur le masque
  - ◆ **Puissance de 2**
  - ◆ A chaque sous-réseaux, réservation de 2 adresses
    - ◆ Adresse réseau
    - ◆ Adresse broadcast

Masque : 11111111 . 11111111 . 11111 000 . 00000000

Réseau

Sous-réseau

Hôte

# Les sous-réseaux (2)

## Calcul du masque du sous-réseau

- augmentation du masque du réseau de 1 bit par puissance de 2

Exemple pour un classe C:

Nb de sous-réseaux	Nb d'hôtes	Masque
2	126	255.255.255.128
4	62	255.255.255.192
8	30	255.255.255.224

## Adresses IP (exemple)

masque réseau	Nb sous réseaux	Réseau	Diffusion	minIP	MaxIP	Nb notes
128	2	0	127	1	126	126
		128	255	129	254	126
192	4	0	63	1	62	62
		64	127	65	126	62
		128	191	129	190	62
		192	255	193	254	62

