

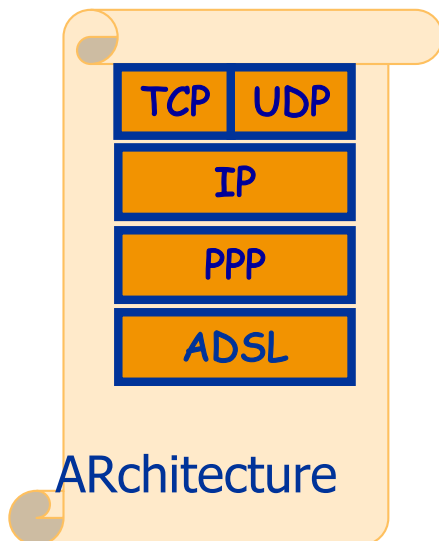
# Chapitre AR2: Adresses et interconnexion de réseaux

Adresses

Adresses IP et sous-réseaux

Interconnexion de réseaux

Traduction d'adresses

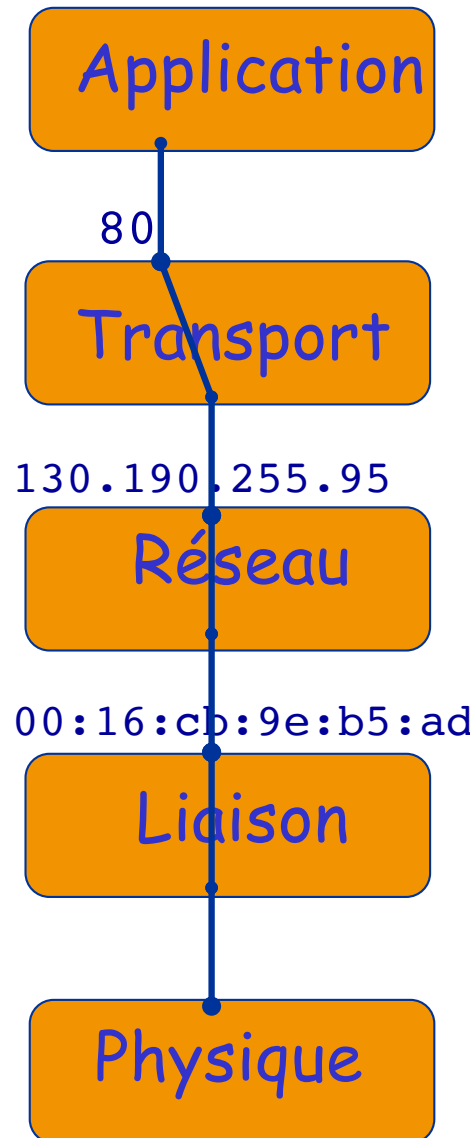


# Contenu du chapitre AR2

- AdresseS et couches
  - Adresse IP, MAC
  - Ports
  - URL
- Adresses IP
  - Masques de sous-réseaux
  - Adresses particulières
  - Interconnexion de réseaux IP
  - Traduction d'adresses: NAT
- Alternatives d'interconnexion



# Adresses selon les couches



- (Web) URL: `inp/courses/ENSIMAG3MMIRC9/`

- identifie un objet (document) sur ce serveur Web

- Port: `80`

- identifie un processus sur cette machine

- Adresse IP(v4): `130.190.255.95` (`chamilo`)

- identifie une interface de machine sur 1 réseau

- Adresse MAC: `00:16:cb:9e:b5:ad`

- identifie une carte électronique sur un medium, où

*MAC = Medium Access Control*

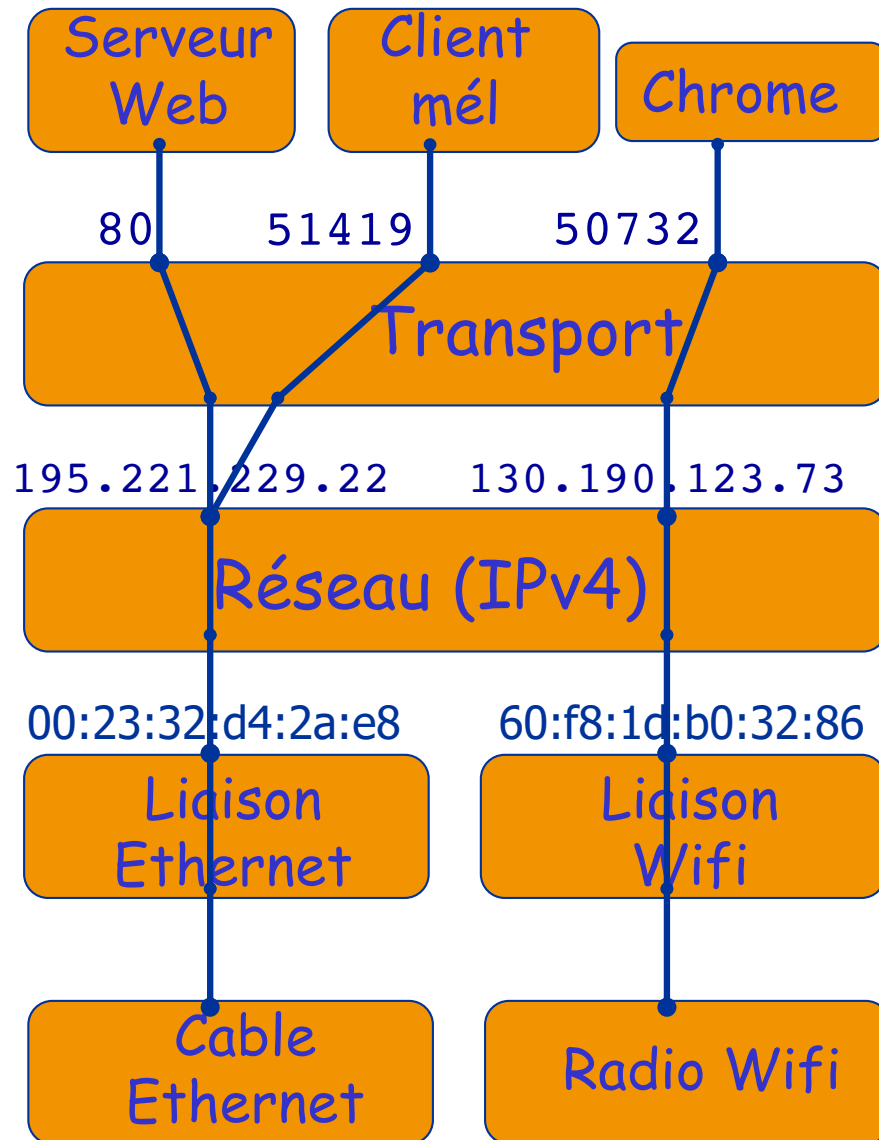
NB: Medium signifie support physique des ondes (que ce soit radio, cuivre, fibre optique...)

# Exemple: ordi portable R. Groz

- Adresses MAC (2):
  - 00:23:32:d4:2a:e8 sur carte Ethernet
  - 60:f8:1d:b0:32:86 sur carte WiFi 802.11
- Adresses IPv4 (3) <-> noms DNS
  - 129.88.48.148 : clef.imag.fr (Labo LIG)
  - 195.221.229.22 : ensigroz.imag.fr (Amphis)
  - Variable (fournie par DHCP dynamique) lorsque je me connecte en mobilité (téléphone, Wifi, ADSL...); ex ADSL :  
130.190.105.64: eduroam-105064.grenet.fr (Macbook sur eduroam)  
90.42.46.30: AGrenoble-651-1-462-30.w90-42.abo.wanadoo.fr  
=Livebox (192.168.1.14 : Macbook sur réseau Wifi domestique)
- Adresses TCP (4): selon les processus en cours
  - pas de port serveur ouvert sauf 22 (ssh)
  - chaque client lancé utilise un port (dynamique >49151)

*Toutes ces adresses correspondent à la même machine, selon le réseau qu'elle utilise*

# Adresses d'un même ordinateur selon le réseau et l'application



Machine ensigroz en amphi

R. GROZ



Même machine: clef au labo

AR2-5



# Adresses de processus (4): les ports

N° s utiles à  
connaître

- N processus partagent une ligne réseau (IP)
  - > TCP multiplexe N connexions sur 1 ligne réseau
- Chaque processus identifié par une ( $\geq 1$ ) sous-adresse appelée « port »
  - Ex: ensicom.imag.fr:Apache <-> 195.221.228.24:80
- Pour s'y retrouver: « well-known ports » (*cf /etc/services*)
  - Les numéros de ports  $< 1024$  sont réservés aux serveurs « système », chaque numéro associé à 1 service/protocole :

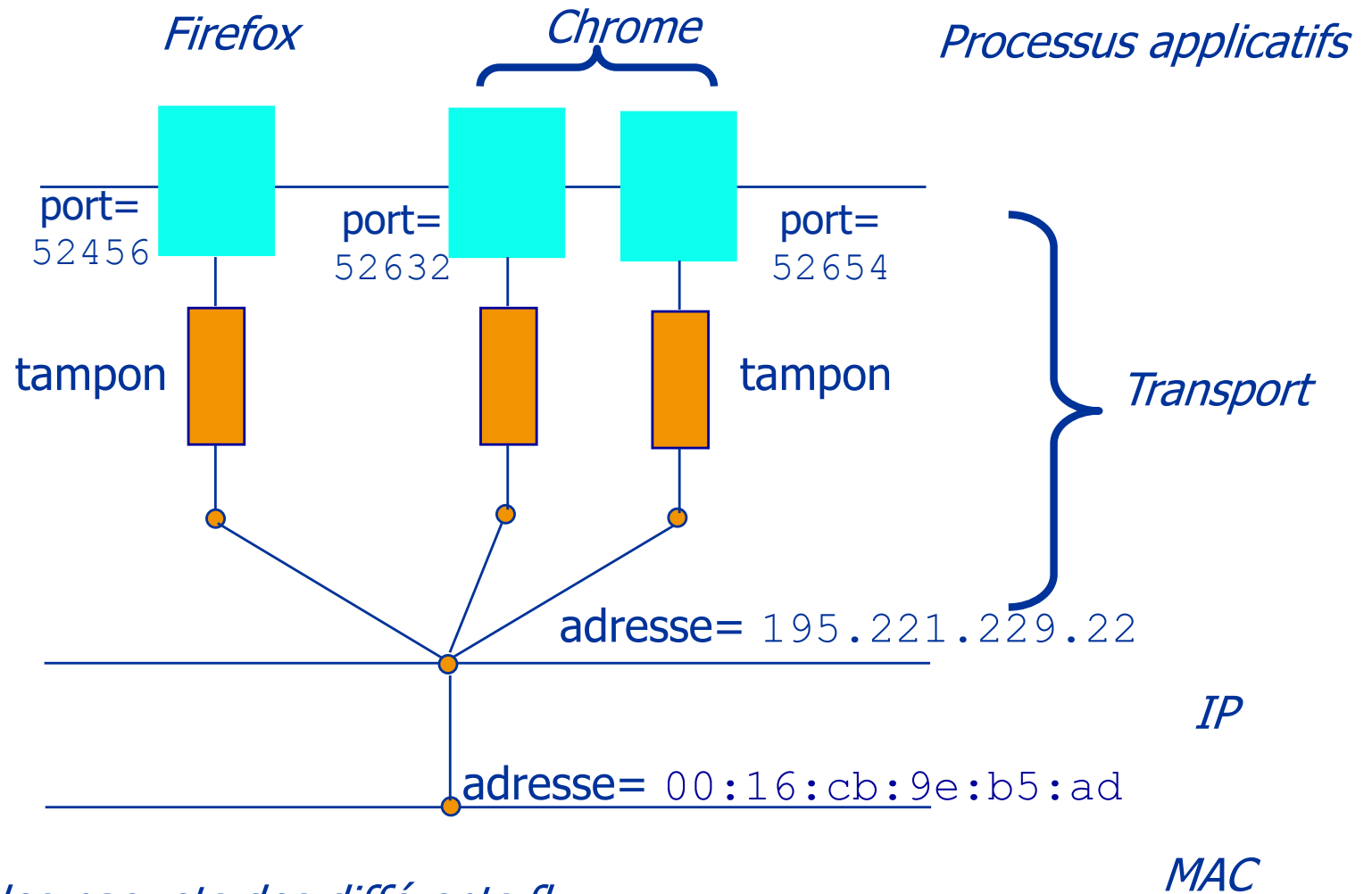
20&21=ftp, 22=ssh, 25=mél, 53=dns, 80=www, 110=pop3, 143=imap, 443=https, 993=imaps, 995=pop3s etc.
  - Les numéros de 1024 à 49151 sont alloués à des applications « enregistrées », démarrables par un non-administrateur
  - Les numéros  $\geq 49152$  sont alloués dynamiquement aux clients

**ATTENTION: ne pas confondre 2 usages du mot port**

- *ports matériels, liés à une carte électronique: (port RS232, port Ethernet RJ45, port USB...)*
- *ports Internet TCP (logiques): adresses de « boîtes aux lettres »x*

*Tout le trafic Internet passe par le même port physique (RJ45...)*

# Multiplexages et adresses



*Multiplexage: les paquets des différents flux sont repérés grâce aux numéros de ports*

# Adresses de couche application

- Web: URL = adresse identifiant un document

- Mél: adresse mél

`roland.groz@imag.fr`

- Ssh, connexions à distance: login

`grozr@pcserveur.ensimag.fr`

- Messagerie instantanée, Skype, comptes Twitter etc...



# Désignation (adresse) d'un objet Web

Il faut connaître:

- La machine: adresse IP (ou nom DNS pour les humains)
- Le serveur Web: port
  - Car il peut y en avoir plusieurs/machine, en plus de 80
  - En pratique le nom DNS peut aussi servir à distinguer entre plusieurs arborescences de documents
- L'objet dans le serveur: path

URL= IP(ou DNS)+port+path

- identifie un objet sur un serveur Web sur une machine
- Si l'utilisateur fournit uniquement DNS+path:
  - Le réseau retrouve IP à partir annuaire DNS
  - Le port est par défaut 80
  - Le réseau retrouve l'adresse Ethernet à partir de IP (protocole ARP)



# URL: Uniform Resource Locator

URL = `service://site:port/fichier?requête+mots`  
où

## Adresse

- **service** : `http`, `file`, `ftp`, `telnet`, `mailto` ...
- **site** : nom Internet (DNS) ou adresse IP, numéro de port (80 par défaut pour `http`) ex: `chamilo2.grenet.fr`
- **fichier** : interprété à partir de la racine de l'arborescence offerte par le serveur ex:  
`inp/courses/ENSIMAG3MMIRC5/`

## Complément: après le ?

- **requête** : mots séparés par +  
(codage en hexa : par ex `%2B` = '+' )
  - permet de passer des paramètres

## Généralisations:

- URI (Identifiers: locations URL, names URN...) - ASCII
- IRI: International Resource Identifier – UTF-8 etc.
  - Ex: `.中国` transcodé en ASCII `.xn--fiqs8s`, domaine Chine (comme `.cn`)

# Contenu du chapitre AR2

- Adresses et couches
  - Adresse IP, MAC
  - Ports
  - URL
- Adresses IP
  - Masques de sous-réseaux
  - Adresses particulières
  - Interconnexion de réseaux IP
  - Traduction d'adresses: NAT
- Alternatives d'interconnexion



# Sous-réseau IP & masque

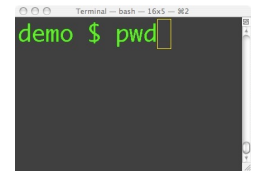
- Plage d'adresses IP consécutives pour un sous-réseau.  
Ex: 129.88.48.0 à 129.88.48.255
- Déterminée par un préfixe (en binaire) commun  
129.88.48 = 10000001.01011000.00110000. \*\*\*
- Il y a différentes longueurs de préfixes (selon taille réseau, nombres de machines à raccorder)
- Masque de sous-réseau:
  - Ex ci-dessus: 255.255.255.0
  - Un et (&) logique entre une adresse et le masque de 24 bits à 1 et 8 bits à 0 permet de retrouver le préfixe commun:  
*11111111. 11111111. 11111111.* 00000000 masque  
10000001. 01011000. 00110000. 00000011 addr: 129.88.48.3  
-----  
*10000001. 01011000. 00110000.* 00000000 *préfixe:*129.88.48.0
- Notation CIDR : 129.88.48.3/24

# Exemples de sous-réseaux IP

- Sous-réseau d'adresses IP:
  - Ensimag = 195.221.228.\* et 195.221.229.\*:
  - Désigné par notation CIDR (Classless Inter-Domain Routing): 195.221.228.0/23
  - *11000011. 11011101. 11100100*. 00000000 = 195.221.228.0  
*11111111. 11111111. 11111110*. 00000000 : masque
- Orange FR: 90.0.0.0/9, mais aussi 86.192.0.0/10, 92.128.0.0/10 etc, dont 81.48.0.0/13 (ex: [www.orange.fr](http://www.orange.fr):81.52.132.217)
- Exemple d'adresses IPv4 particulières:
  - 192.168.0.0/16: adresses privées:  
adresses du sous-réseau attaché à une box ADSL à domicile

# Adresses IP particulières

- 10.0.0.0/8, 172.16.0.0/12, 192.168.0.0/16: adr. privées
  - Non routable sur l'internet
  - Donc réutilisables dans des sous-réseaux indépendants
- 127.0.0.0/8: localhost (rebouclage local)
- 169.254.0.0/16: adr. locales APIPA (autoconfigurées)
- 255.255.255.255/32: diffusion « hardware »
  - mais n'atteint que sous-réseau (bloqué par routeur)
- Pour tout sous-réseau, (ex: 195.221.228.0/23)
  - La première adresse est réservée pour désigner le réseau (195.221.228.0)
  - La dernière adresse sert à la diffusion au réseau local (sans routage) (195.221.229.255)
  - Souvent, la 2è adresse (xxx.1) ou l'avant dernière (xxx.254) est utilisée pour un routeur, ou serveur DNS...



# Interconnexion et table de routage

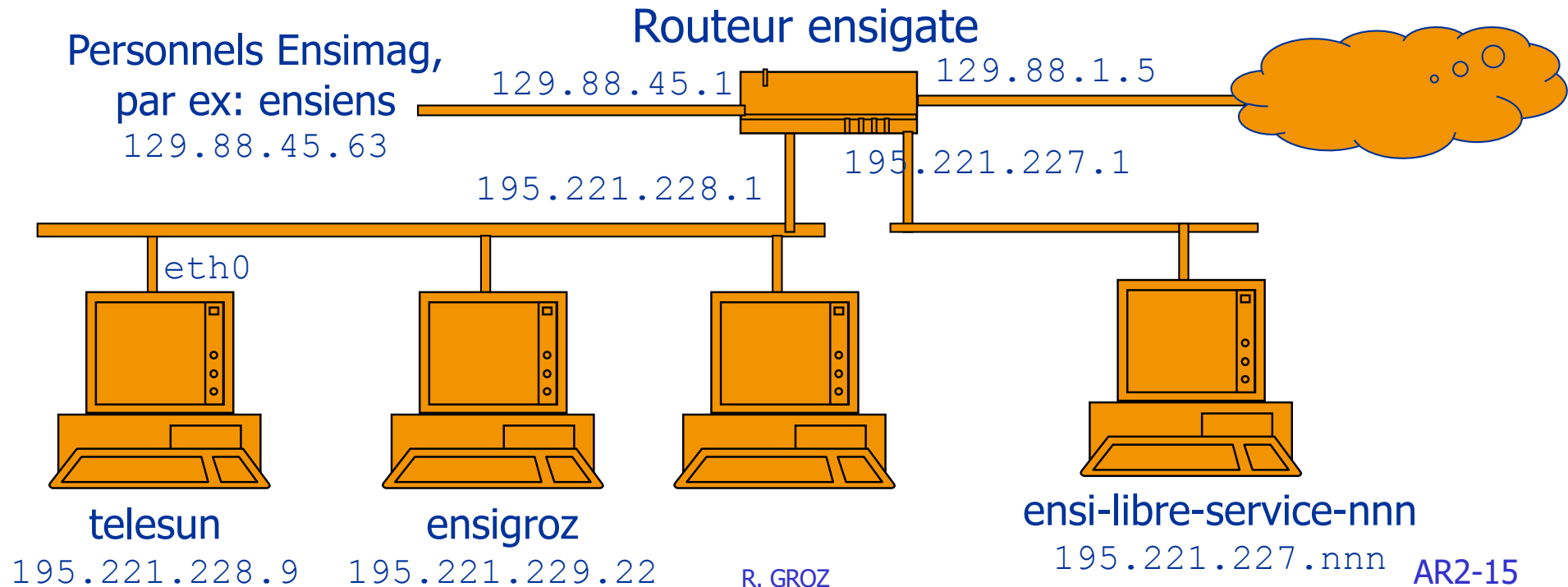
- Netstat -r: table de routage locale à la machine

```
telesun:~ netstat -r
```

```
Kernel IP routing table
```

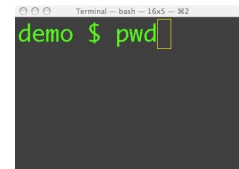
Destination	Gateway	Genmask	Flags	MSS	Window	irrt	Iface
195.221.228.0	*	255.255.254.0	U	0	0	0	eth0
169.254.0.0	*	255.255.0.0	U	0	0	0	eth0
default	ensigate	0.0.0.0	UG	0	0	0	eth0

```
telesun:~
```



# Traceroute sens inverses (2013)

PC à dom (82.122.178.31) et telesun (195.221.228.9)



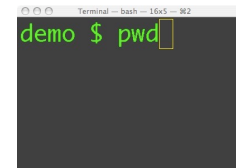
```
traceroute -I -q 1 -w 1 telesun.imag.fr
1 livebox (192.168.1.1) 4.717 ms
2 80.10.120.134 (80.10.120.134) 18.453 ms
3 10.123.76.10 (10.123.76.10) 19.140 ms
4 ae49-0.nilyo101.lyon.francetelecom.net
  (193.252.101.130) 20.750 ms
5 81.253.184.114 (81.253.184.114) 33.750 ms
6 *
7 xe-3-1-0.mrs10.ip4.tinet.net (89.149.182.58)
  66.223 ms
8 renater-gw.ip4.tinet.net (77.67.90.118) 45.128
  ms
9 te1-2-cadarache-rtr-021.noc.renater.fr
  (193.51.189.138) 46.700 ms
10 te4-2-grenoble-rtr-021.noc.renater.fr
  (193.51.189.130) 58.687 ms
11 man-tigre-te1-4-grenoble-rtr-
  021.noc.renater.fr (193.51.181.93) 54.361 ms
12 r-campus1.grenet.fr (193.54.184.45) 48.456
  ms
13 r-imag.grenet.fr (193.54.184.22) 48.342 ms
14 ensigate.imag.fr (129.88.1.1) 49.058 ms !X
```

```
traceroute -q 1 -w 1 82.122.178.31
traceroute to 82.122.178.31 (82.122.178.31),
  20 hops max, 40 byte packets
1 ensigate.imag.fr (195.221.228.1) 0.300 ms
2 r-bate.imag.fr (129.88.1.2) 0.237 ms
3 r-campus1.grenet.fr (193.54.184.21) 2.680
  ms
4 tigre1.grenet.fr (193.54.184.33) 0.768 ms
5 *
6 te1-3-lyon2-rtr-021.noc.renater.fr
  (193.51.189.110) 3.024 ms
7 *
8 xe-7-1-0-101.mrs
  10.ip4.tinet.net (77.67.90.121) 6.645 ms
9 xe-0-2-1.par70.ip4.tinet.net
  (141.136.108.93) 16.984 ms
10 *
11 *
12 *
13 *
...
```



# Traceroute sens inverses (2020)

PC à dom (90.42.196.45) et pcserveur (129.88.240.65)



```
MacBook-Pro-de-groz:~$ traceroute -I -q 1 -w 1  
pcserveur.ensimag.fr
```

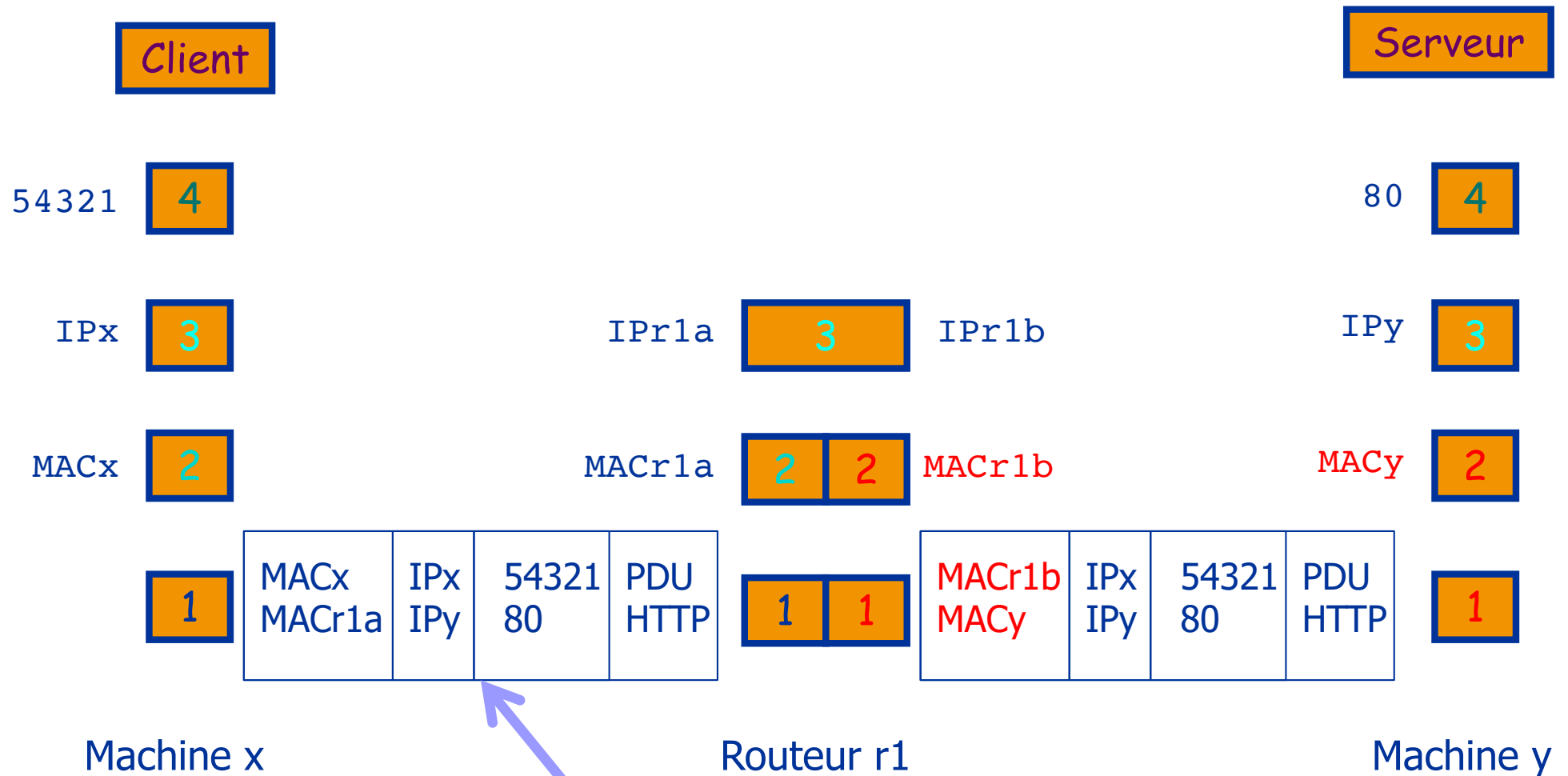
```
1 lan (192.168.1.1) 3.621 ms  
2 80.10.120.134 (80.10.120.134) 22.130 ms  
3 10.123.76.10 (10.123.76.10) 22.597 ms  
4 ae43-0.nilyo201.lyon3earrondissement.francetelecom.net  
(193.252.101.130) 30.601 ms  
5 ae40-0.nilyo202.lyon3earrondissement.francetelecom.net  
(193.252.101.66) 23.728 ms  
6 81.253.184.102 (81.253.184.102) 27.957 ms  
7 hundredgige0-0-0-30.partr1.-.opentransit.net (193.251.242.99)  
28.749 ms  
8 renater-1.gw.opentransit.net (193.251.254.30) 32.740 ms  
9 193.51.180.53 (193.51.180.53) 34.637 ms  
10 te0-0-0-0-ren-nr-grenoble-rtr-091.noc.renater.fr  
(193.51.177.56) 36.821 ms  
11 man-tigre-te1-4-grenoble-rtr-021.noc.renater.fr  
(193.51.181.93) 44.194 ms  
12 r-campus1.grenet.fr (193.54.185.2) 37.168 ms  
13 r-uga.grenet.fr (193.54.184.6) 36.604 ms  
14 bio-bb-to-uga-01-fw.u-ga.fr(152.77.39.69) 58.9 ms  
15 simsu-bb-to-bio-bb.ujf-grenoble.fr (152.77.39.29) 62.2 ms  
16 *  
17 *
```

```
grozr@pcserveur ~]$ traceroute -q 1 -w 1 90.42.196.45
```

```
1 ensigate.ensimag.fr (129.88.247.254) 1.675 ms  
2 simsu-bb-to-r-ensimag.ujf-grenoble.fr  
(152.77.32.213) 8.436 ms  
3 bio-bb-to-simsu-bb.ujf-grenoble.fr (152.77.39.30)  
14.894 ms  
4 uga-01-fw-to-bio-bb.u-ga.fr (152.77.39.70) 0.805  
ms  
5 r-campus1.grenet.fr (193.54.184.5) 1.246 ms  
6 tigre1.grenet.fr (193.54.185.1) 4.175 ms  
7 te0-0-0-10-ren-nr-grenoble-rtr-091.noc.renater.fr  
(193.51.181.94) 1.377 ms  
8 te1-3-lyon2-rtr-021.noc.renater.fr (193.51.177.57)  
3.205 ms  
9 xe0-0-9-paris2-rtr-131.noc.renater.fr (193.51.177.9)  
18.339 ms  
10 bundle-ether7.partr1.-.opentransit.net  
(193.251.254.31) 9.647 ms  
11 *  
12 *
```



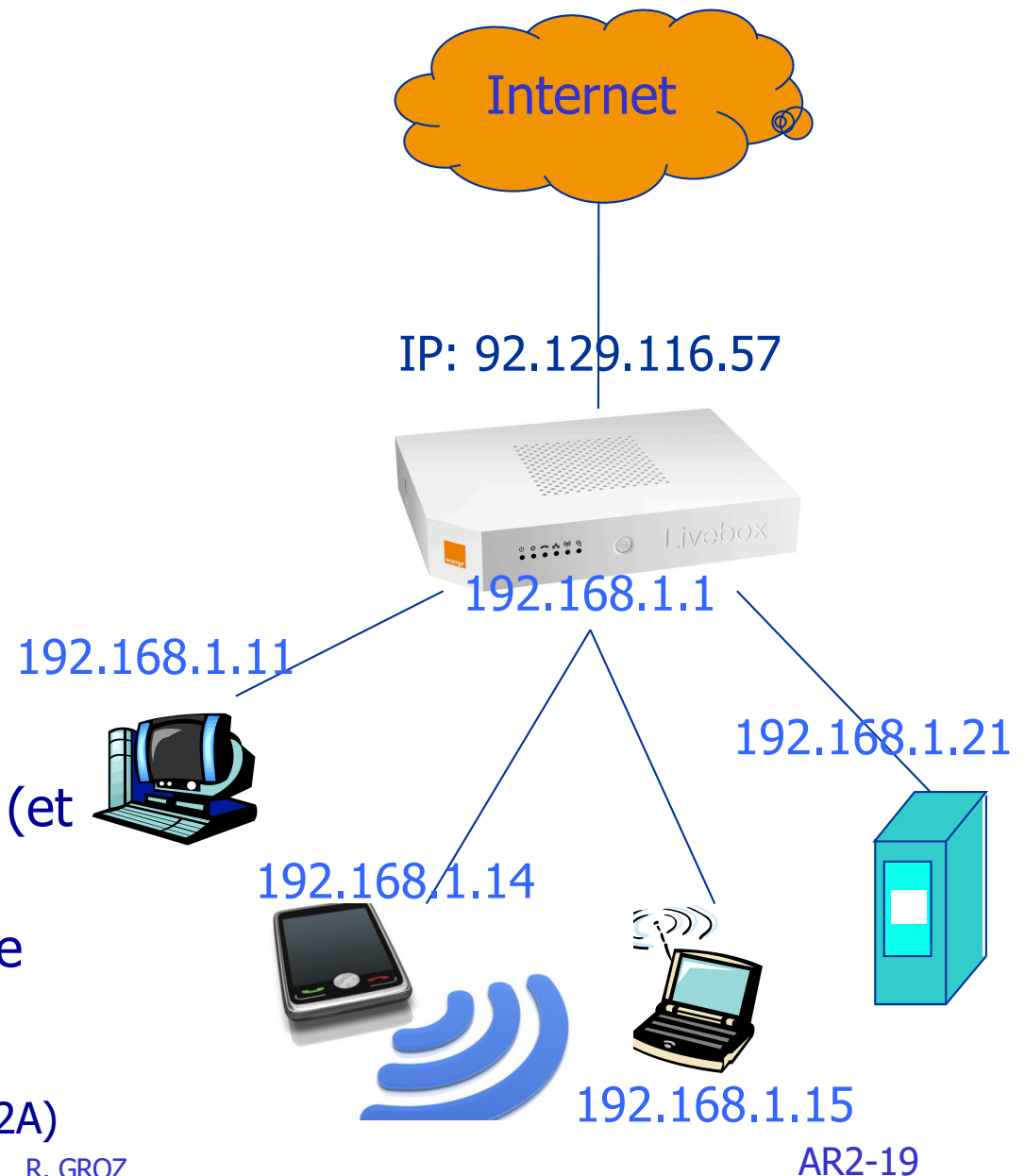
# Adresses le long d'un chemin



*x indique Ipy au niveau 3 (destination finale)  
mais au niveau liaison envoie à son routeur MACr1a*

# Connexion de réseau domestique

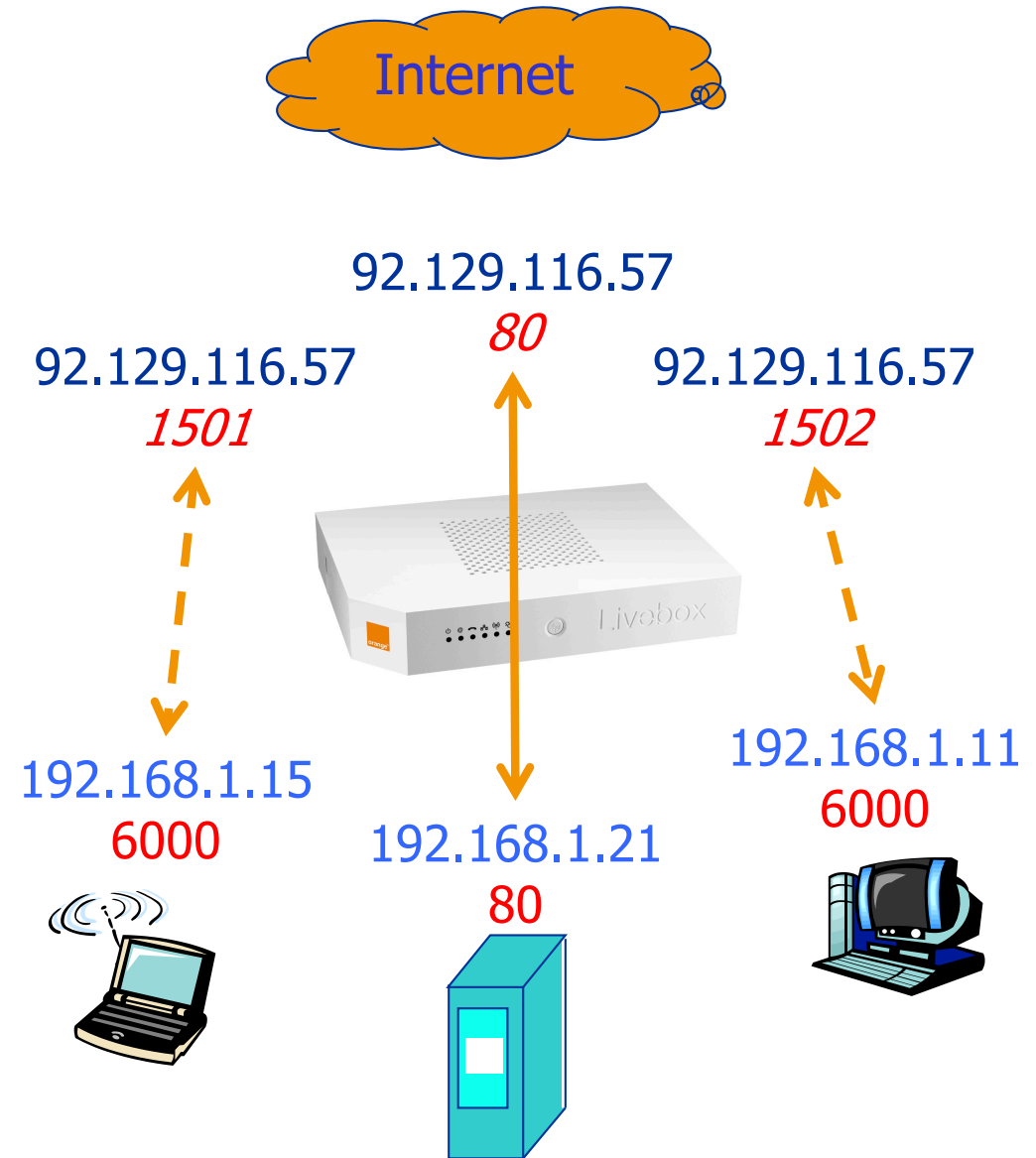
- Epuisement des adresses IPv4:  
 $2^{32} \sim 4 \times 10^9$   
(en fait moins)
- Palliatif (avant IPv6):
  - 1 adresse IP/box, routable (unique)
  - adresses internes:
    - non visibles sur Internet (et non uniques),
    - traduites pour apparaître comme box
- IPv6: 128 bits (16 octets cf 2A)



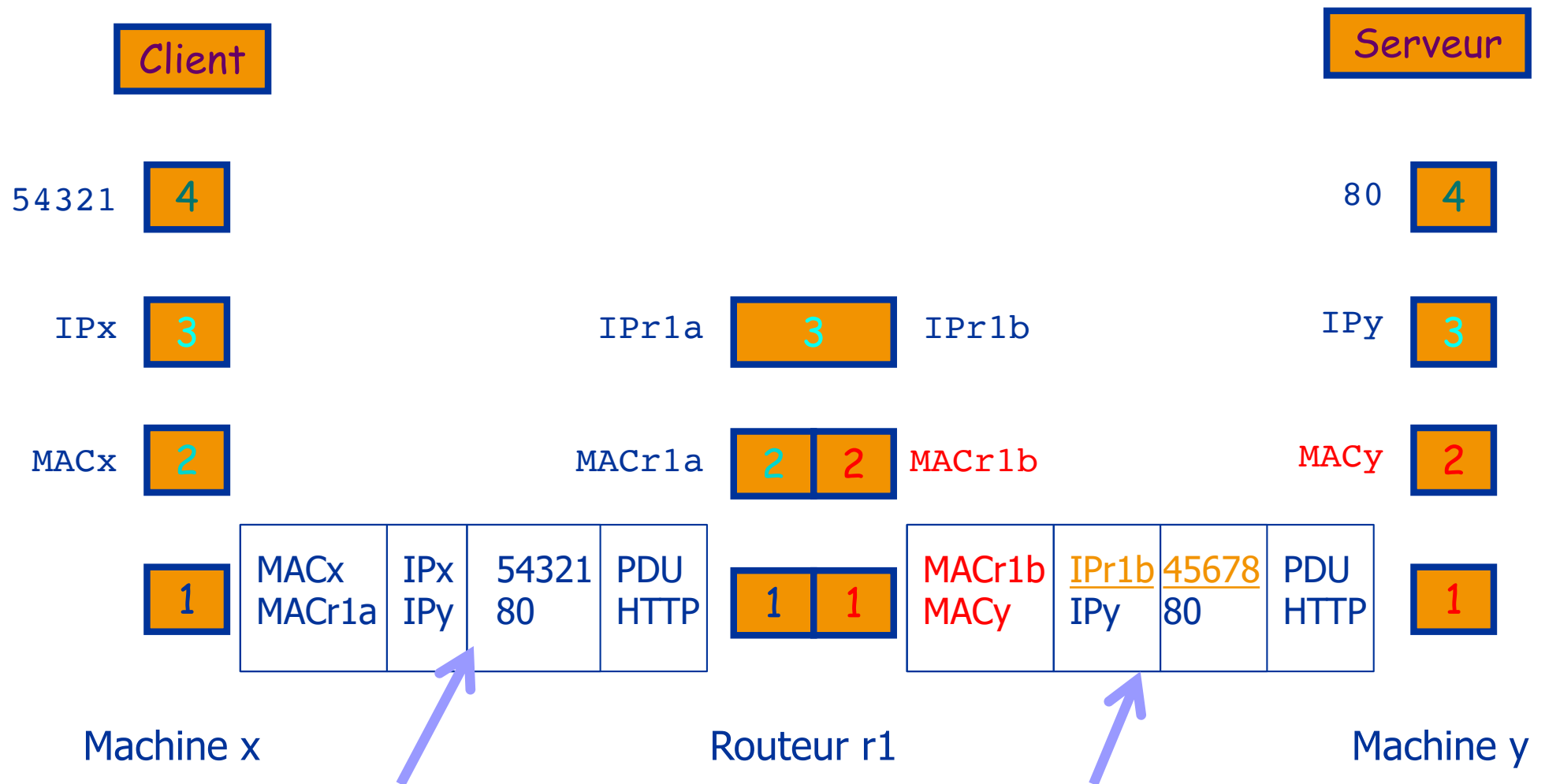
# Traduction d'adresse: NAT/PAT

## Network (/Port) Address Translation

- La box traduit:  
(IP\_loc, *port\_OS*) <->  
(IP\_ext, *port\_libre*)
- 65536 ports box  
suffisants pour:  
~ 600 machines  
X  
~ 100 ports actifs
- La box peut être  
configurée pour  
traduire statiquement  
un port (ex: serveur)



# Adresses avec NAT

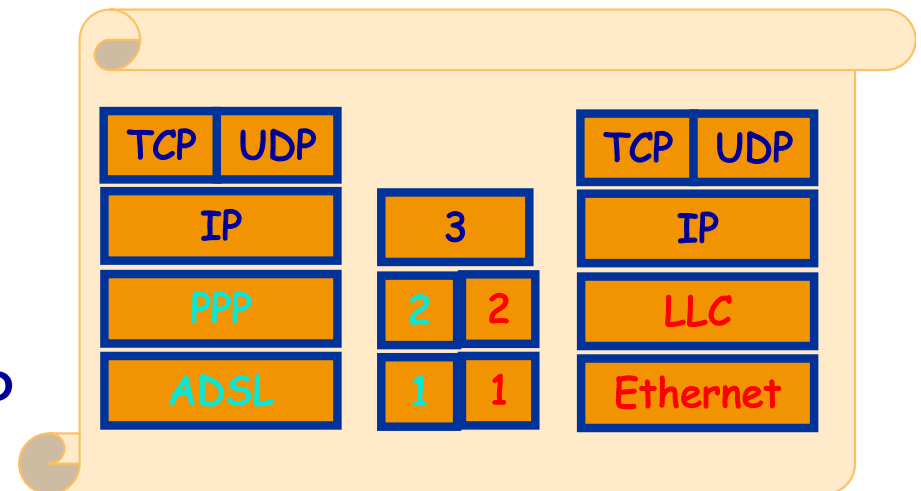


*x indique Ipy au niveau 3  
(destination finale)  
mais au niveau liaison envoie à  
son routeur MACr1a*

*L'adresse IP et le port de  
l'expéditeur sont changés pour  
l'adresse du routeur 1 et un  
port arbitraire*

# Contenu du chapitre AR2

- Adresses et couches
  - Adresse IP, MAC
  - Ports
  - URL
- Adresses IP
  - Masques de sous-réseaux
  - Adresses particulières
  - Interconnexion de réseaux IP
  - Traduction d'adresses: NAT
- Alternatives d'interconnexion

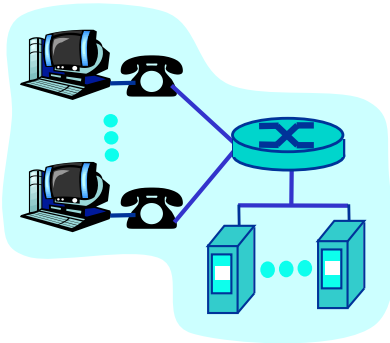


# Pourquoi une adresse par couche



- Pourquoi pas une seule adresse par machine ?

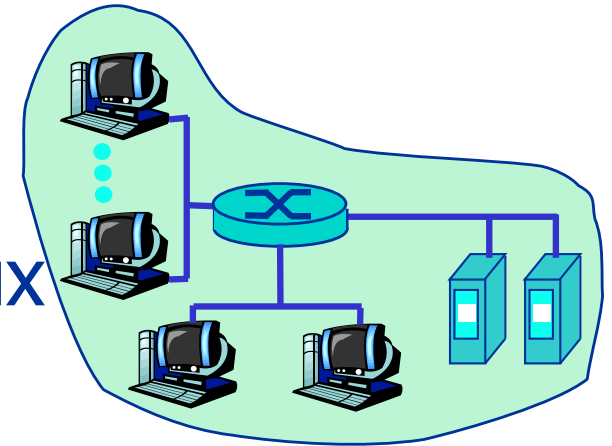
# Interconnexion de réseaux à distance



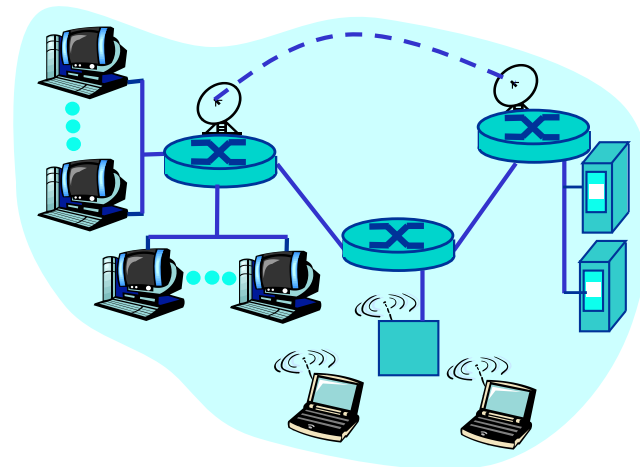
Réseau déporté

Comment relier les réseaux entre eux :

- à quel niveau ?
- avec quels équipements ?



Réseau déporté

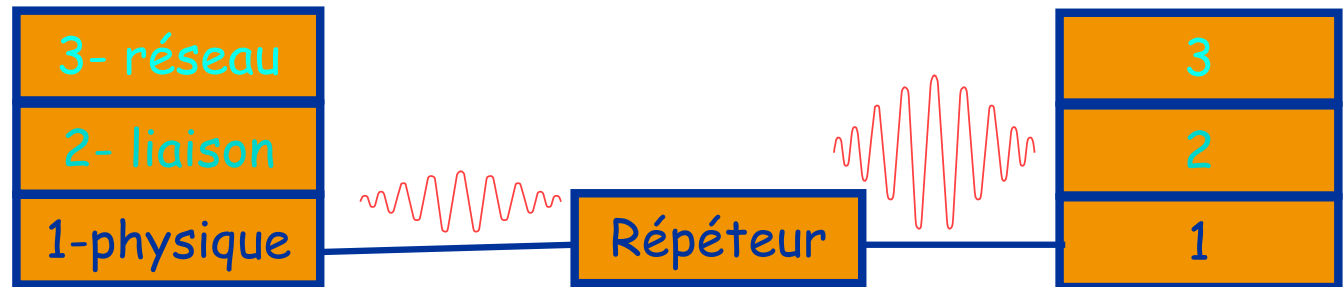


Réseau central de l'entreprise

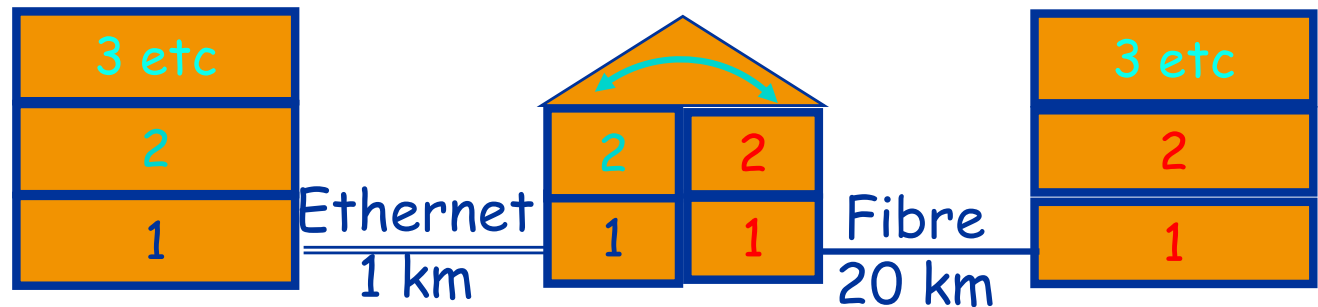


# Solutions d'interconnexion

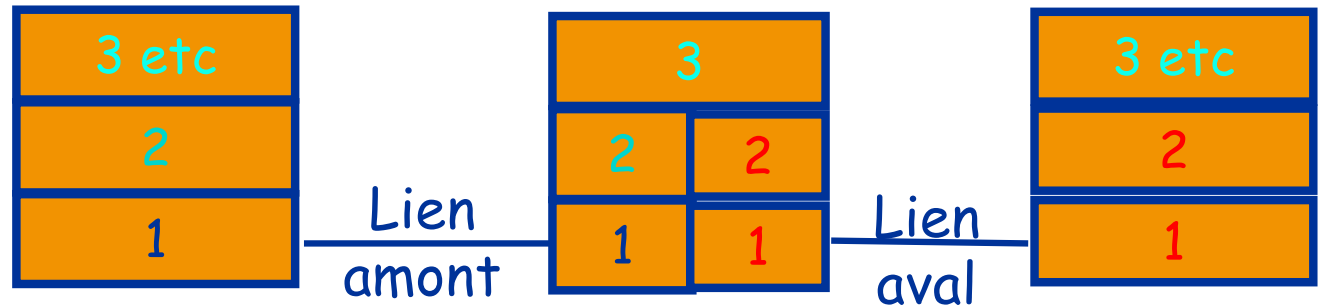
## 1. Répéteur



## 2. Pont

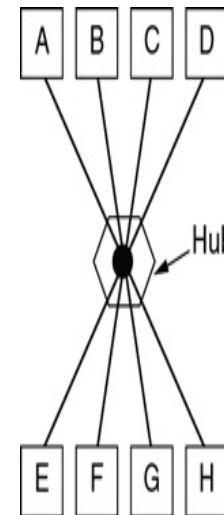


## 3. Routeur

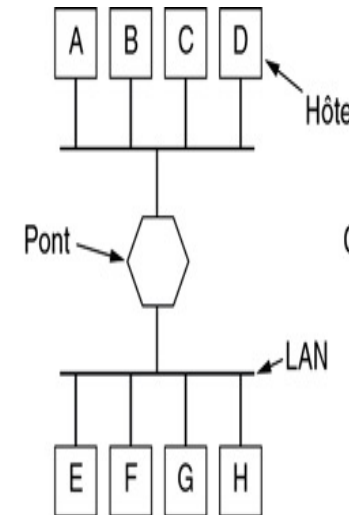


# Interconnexion Ethernet

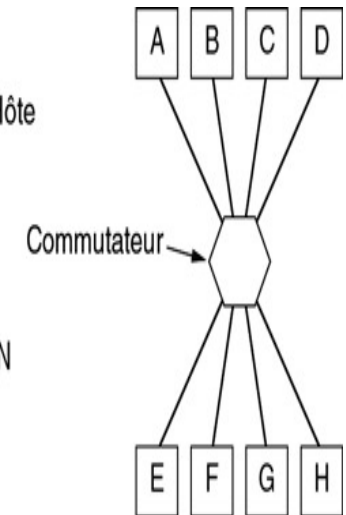
- Ethernet classique = câble commun (« bus »)
- « Hub » ou concentrateur : répéteur multi-port pour topologie en étoile au lieu du bus Ethernet
- « Switch »: Idem au niveau 2 (pont multi-port, alors qu'un pont est bi-point)



(a) Chaque trame atteint toutes les machines



(b)



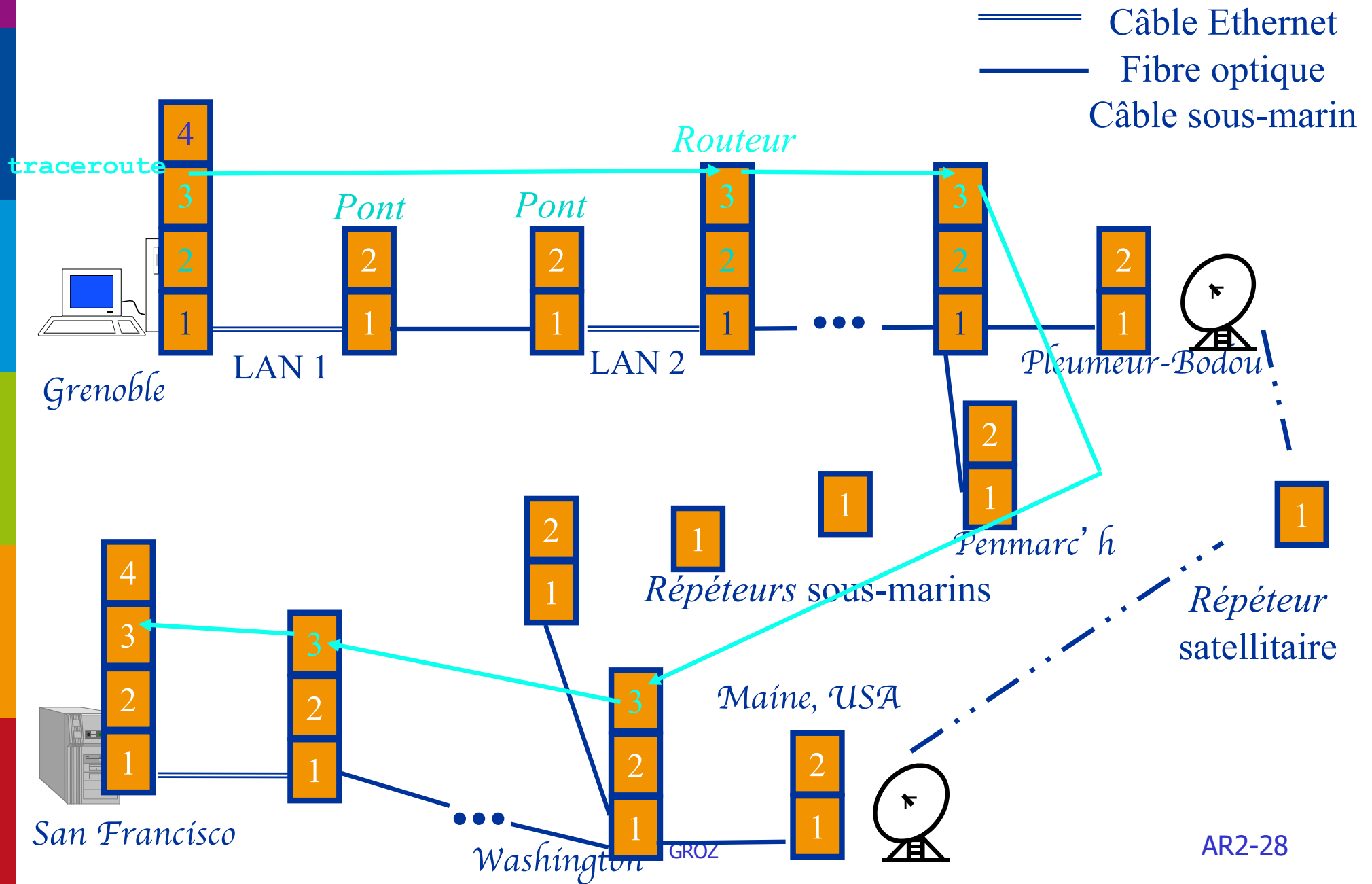
(c) Le switch ne renvoie une trame qu'à son (ses) destinataire(s)

*NB: Ensimag: tous les PC sont « commutés » donc Wireshark ne voit que les trames d'un seul PC*

# Choix d'interconnexion

- Répéteur: amplification ou régénération du signal
  - pour couvrir de longues portées
  - Exemple: le long d'une fibre, sous la mer
- Pont ou switch: relayage des trames entre liens physiques
  - Interconnexion de LAN Ethernet >1 km
  - Possibilité de liens différents si même norme de liaison (ex Ethernet, Wifi)
  - Filtrage du trafic (ex. gestion de VLAN)
- Routeur: permet de raccorder >2 interfaces
  - Conversion de protocoles de liaison différents
  - Choix de chemin (routage)
  - Ou faire de la traduction d'adresse (NAT)

# Les chemins de l'interconnexion





# Bilan AR2: notions essentielles

- Adresses associées aux diverses couches
- Notion de port (adresse niveau 4)
- Structure d'une URL
- Masque de sous-réseau
- Table de routage
- Traduction d'adresses: NAT