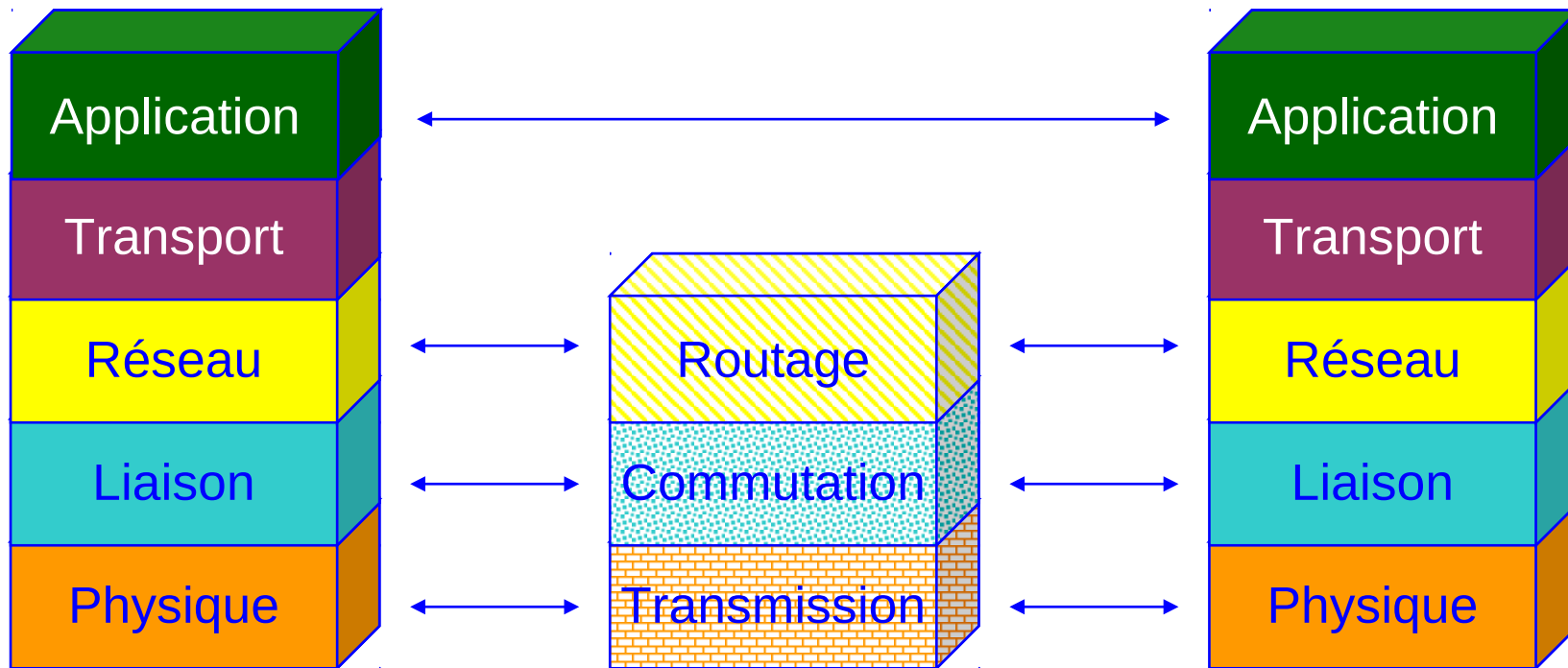


Architecture tcp/ip améliorée :-)

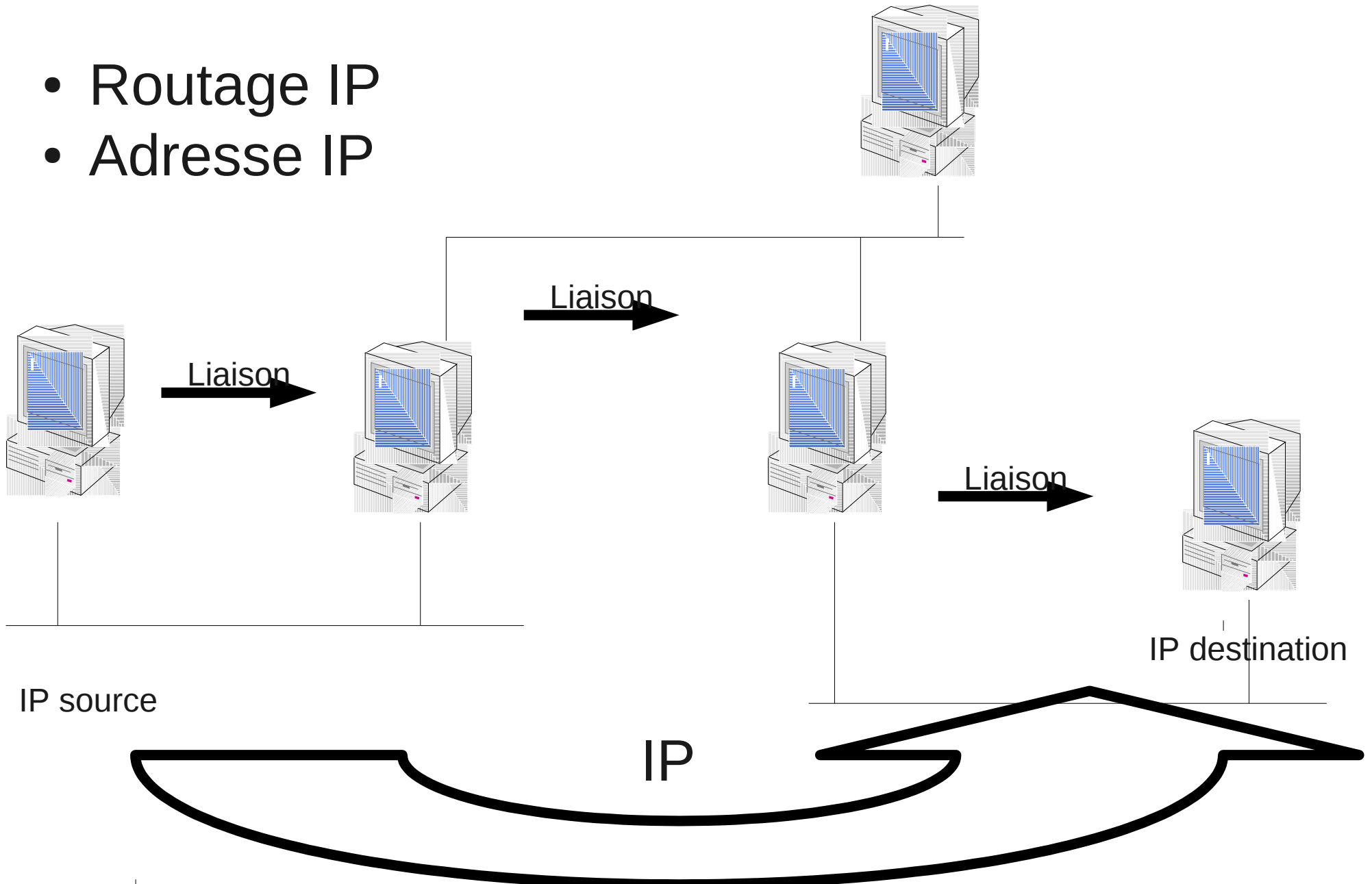


couche liaison

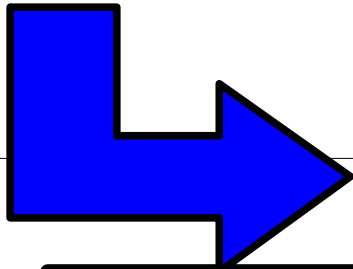
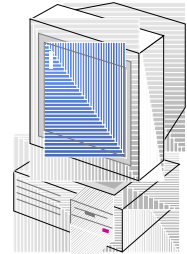
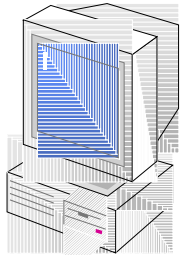
- liaison:
 - permet la communication entre deux machines directement reliées (sur le même lien physique)
 - Adresse de couche liaison: adresse MAC
 -

couche réseau: IP

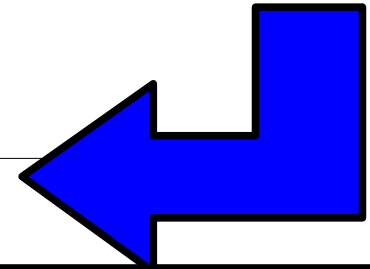
- Routage IP
- Adresse IP



lien entre liaison et IP: ARP



1-ARP requête: Qui a l'IP
192.168.10.2 ?



2-ARP réponse:

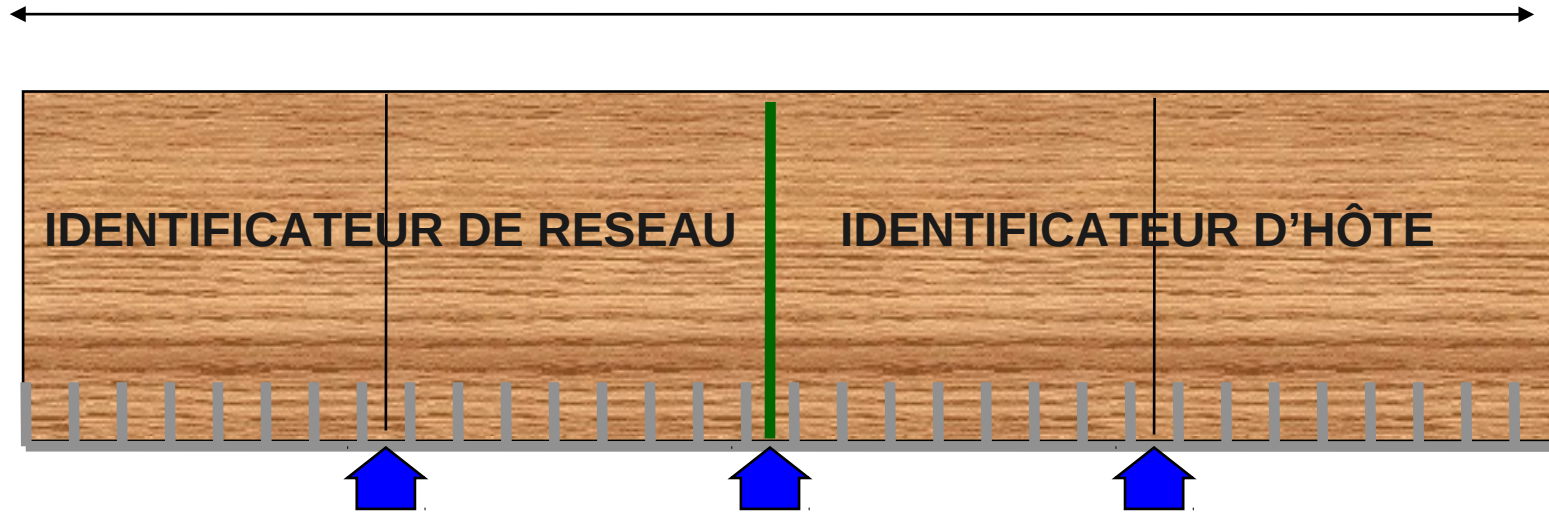
- 192.168.10.2 c'est moi
- MAC: 00:50:56:c0:00:08

Adresse IP

- identifie l'interface réseau d'une machine
- constituée de deux parties :
 - une partie qui identifie le réseau où se trouve la machine
 - une partie qui identifie la machine sur ce réseau
- toutes les machines situées sur le même réseau ont la même partie réseau
- deux machines différentes ne doivent pas avoir la même adresse
- une machine peut avoir plusieurs adresses

Adresse IP

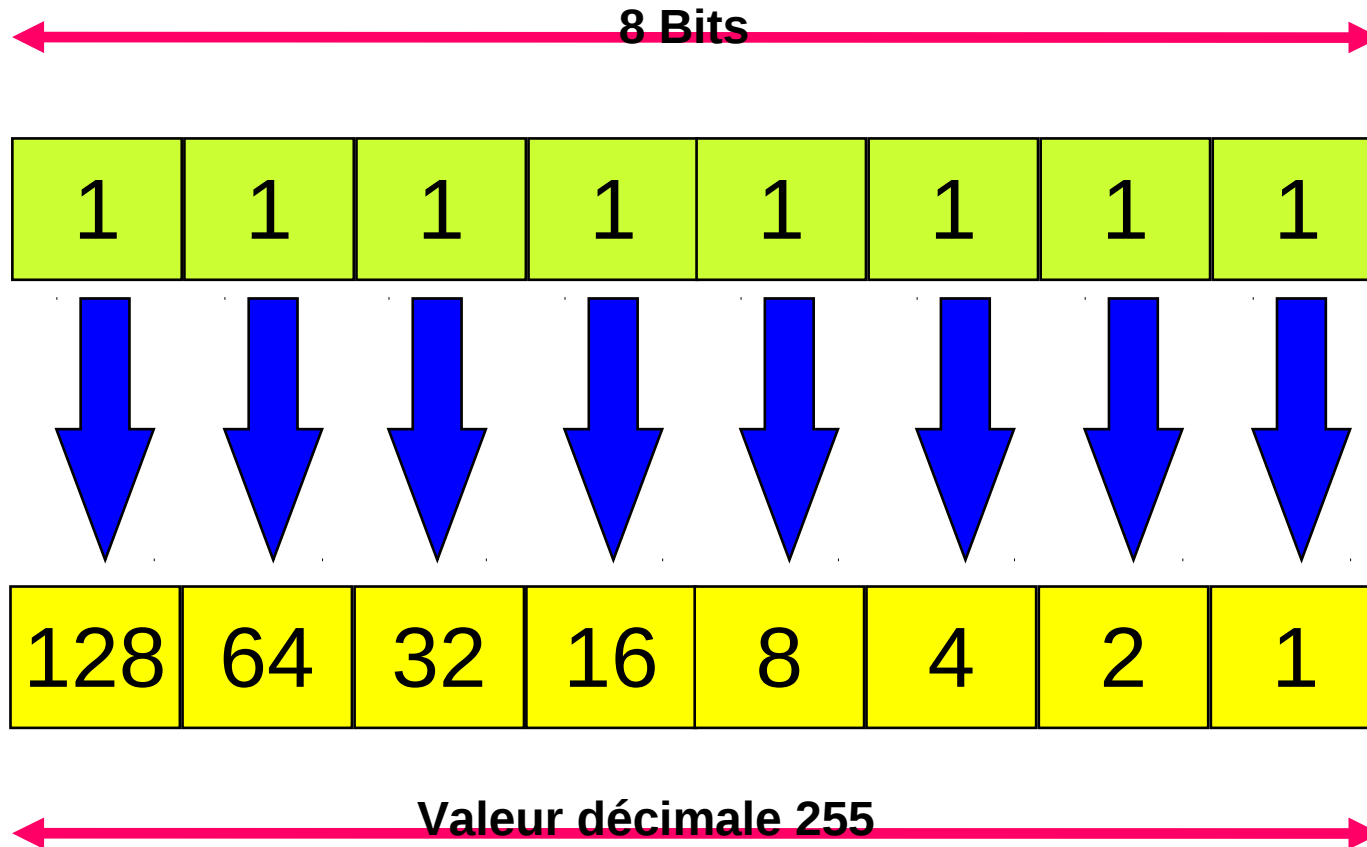
32 Bits



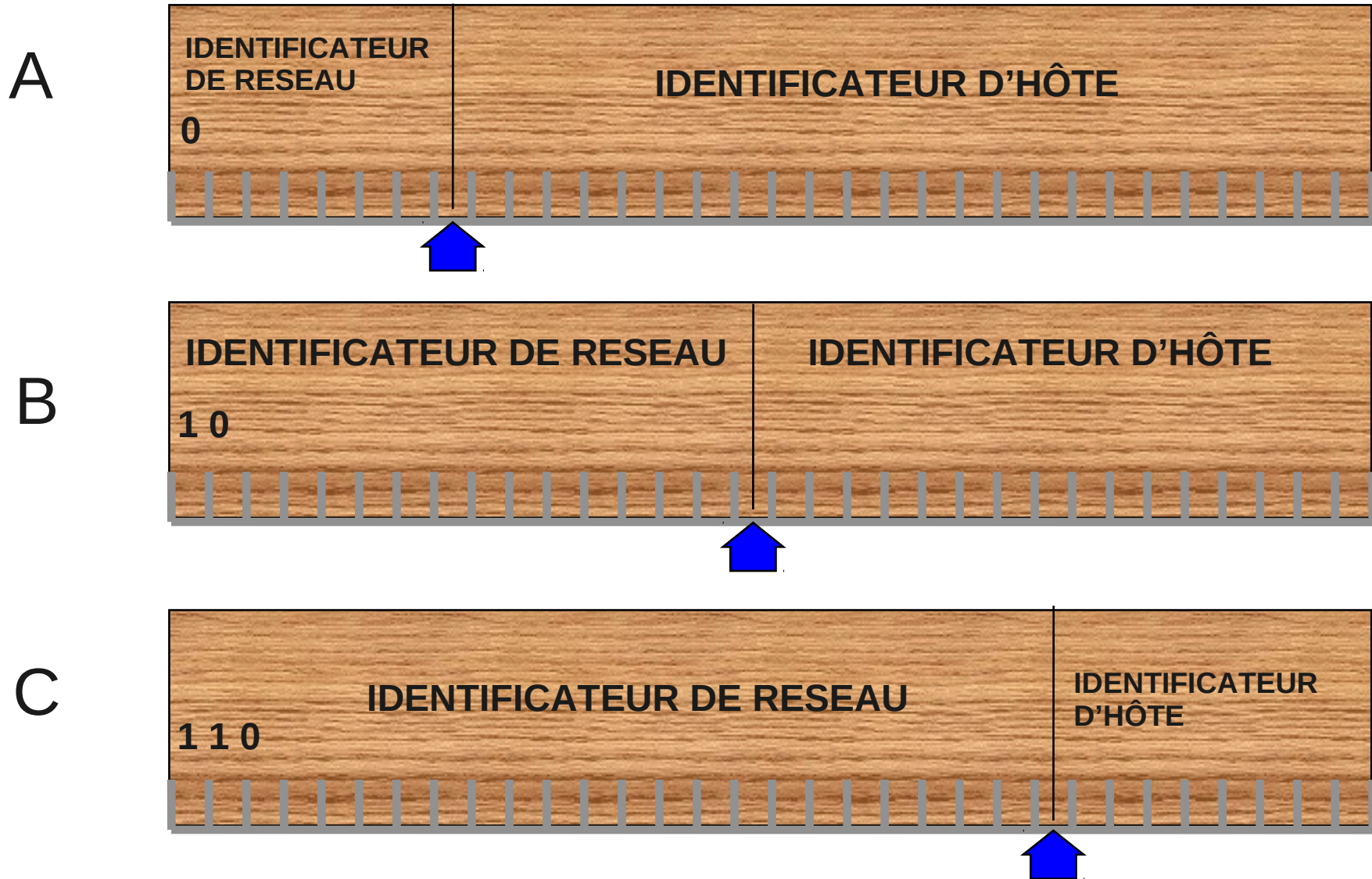
W . X . Y . Z

132.109.4.20

Rappels: Calcul en base 2



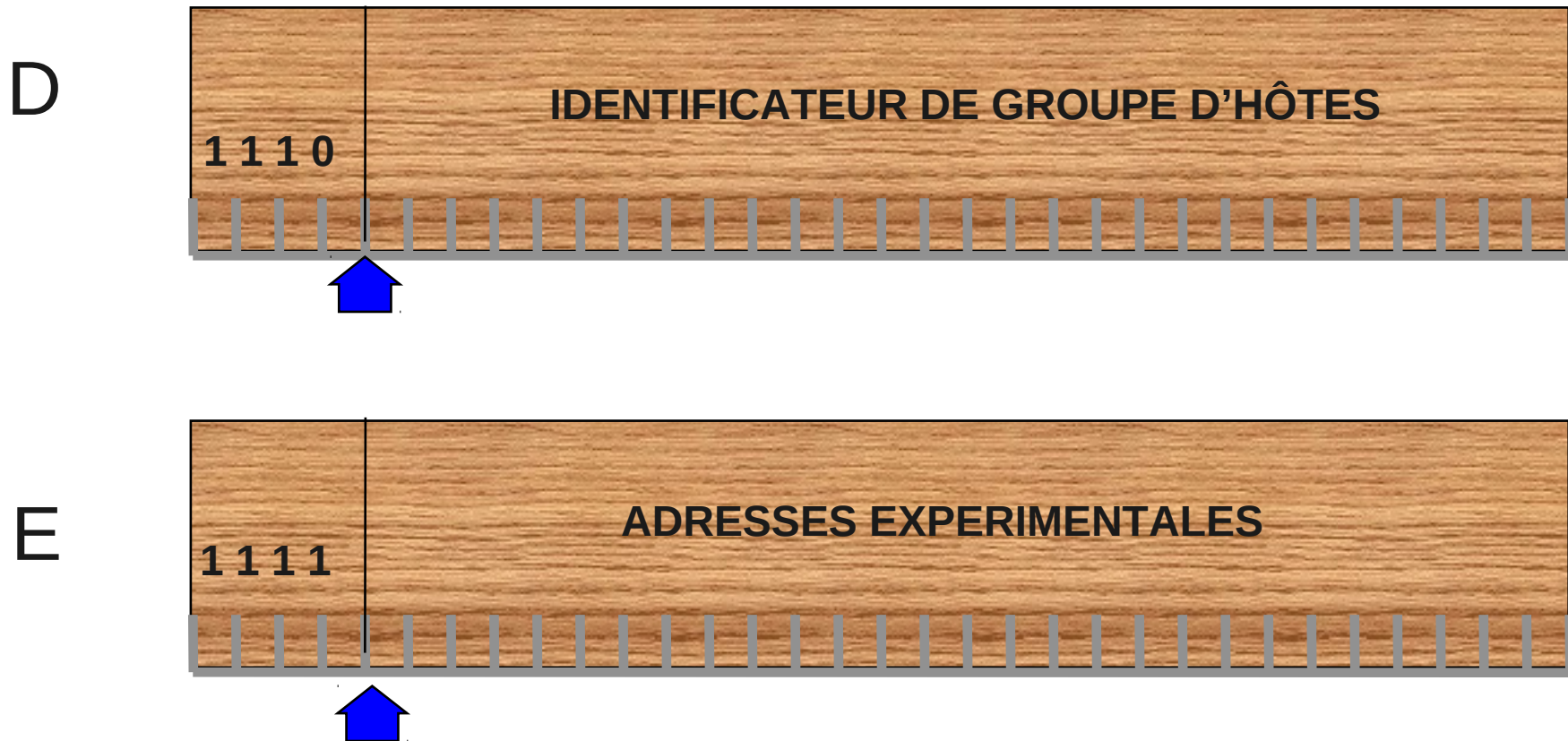
Classes d'adresses



Classes d'adresses

	Nombre de Réseaux de cette classe	Nombre d'Hôtes par réseaux	Plage du 1er Quad	Nombre de bits de la partie réseau
A	126	16 777 214	1-126	8
B	16 383	65 534	128-191	16
C	2 097 151	254	192-223	24

Classes d'adresses



Adresses réservées

- Réseau: 127.0.0.0/8
- Adresse de bouclage: 127.0.0.1
- Adresse du réseau: partie hôte à 0
- Adresses de diffusion (adresse destination):
 - 255.255.255.255
 - Partie hôte à 255: ce réseau (destination). ex.: 194.199.90.255 (classe C)
- Prévoir une adresse pour routeur par défaut

Adresses réservées

- Adresse de réseau à zéro (adresse source) :
 - 0.0.0.0: ce réseau (source)
 - 0.x.y.z : l'hôte x.y.z sur ce réseau
- Réseaux privés rfc 1918
 - 192.168.x.y : des réseaux privés
192.168.x/.0/24
 - 172.16.0.0/12 : de 172.16.0.0/16 à
172.31.0.0/16
 - 10.0.0.0/8

Masque

- Permet
 - De distinguer la partie réseau de la partie hôte d'une adresse
 - De déterminer si deux hôtes sont sur le même réseau via un ET binaire avec le masque :

194.199.90.1

255.255.255.0

194.199.90.0

194.199.90.20

255.255.255.0

194.199.90.0

CIDR/VLSM

- VLSM (Variable Length Subnet Mask) : le masque est défini au bit près
- Permet :
 - Un découpage précis des sous-réseaux d'un site
 - Permet de regrouper des réseaux contigus de classe C en un seul « sur-réseau » : CIDR (Classless Inter Domain Routing)
 - objectif : diminuer le nombre d'entrée dans les tables de routage en regroupant des classes C
- Notation /nn avec nn: nombres de bits de la partie réseau du masque

CIDR/VLSM: masque

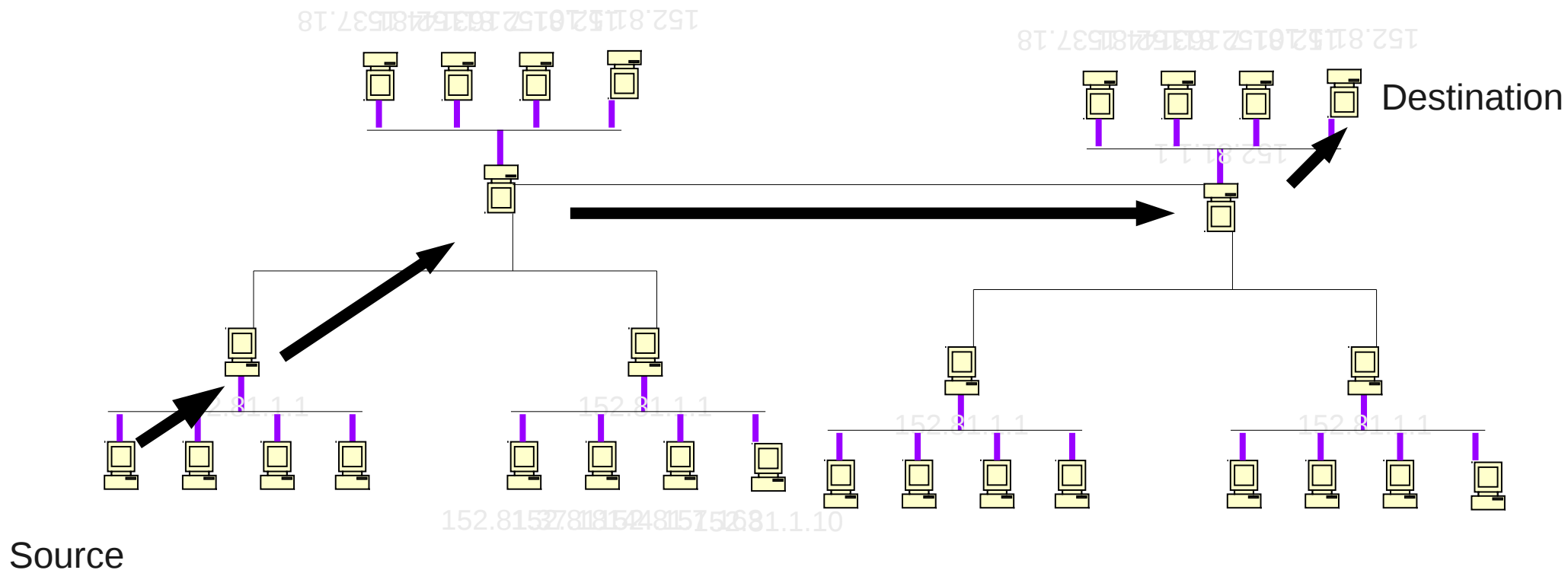
Classe d'adresse	Bits utilisés pour le masque de Sous-Réseau				Notation Décimale
Classe A /8	11111111	00000000	00000000	00000000	255.0.0.0
Classe B /16	11111111	11111111	00000000	00000000	255.255.0.0
Classe C /24	11111111	11111111	11111111	00000000	255.255.255.0
/23	11111111	11111111	11111110	00000000	255.255.254.0
/18	11111111	11111111	11000000	00000000	255.255.192.0
/15	11111111	11111110	00000000	00000000	255.254.0.0
/9	11111111	10000000	00000000	00000000	255.128.0.0
	Bits 1 à 8	bits 9 à 16	bits 17 à 24	bits 25 à 32	

Exemple de regroupement

- 193.10.0.0/24, 193.10.1.0/24, 193.10.2.0/24, 193.10.3.0/24, regroupés en 193.10.0.0/22
- 201.7.12.0/24, 201.7.13.0/24, 201.7.14.0/24, 201.7.15.0/24, regroupés en 201.7.12.0/22
- MAIS pas de regroupement possible pour 201.7.18.0/24, 201.7.19.0/24, 201.7.20.0/24, 201.7.21.0/24. Pourquoi ?
- L'opération de regroupement a été précédée d'une réaffectation de classes C de façon à fournir des classes C contiguës aux sites qui en avaient des non contiguës.

Routage IP: problématique

- Une machine sait transmettre les paquets sur les sous-réseaux de ses interfaces (réseaux locaux)
- Les autres paquets sont envoyés à un routeur directement joignable (situé sur un réseau local)



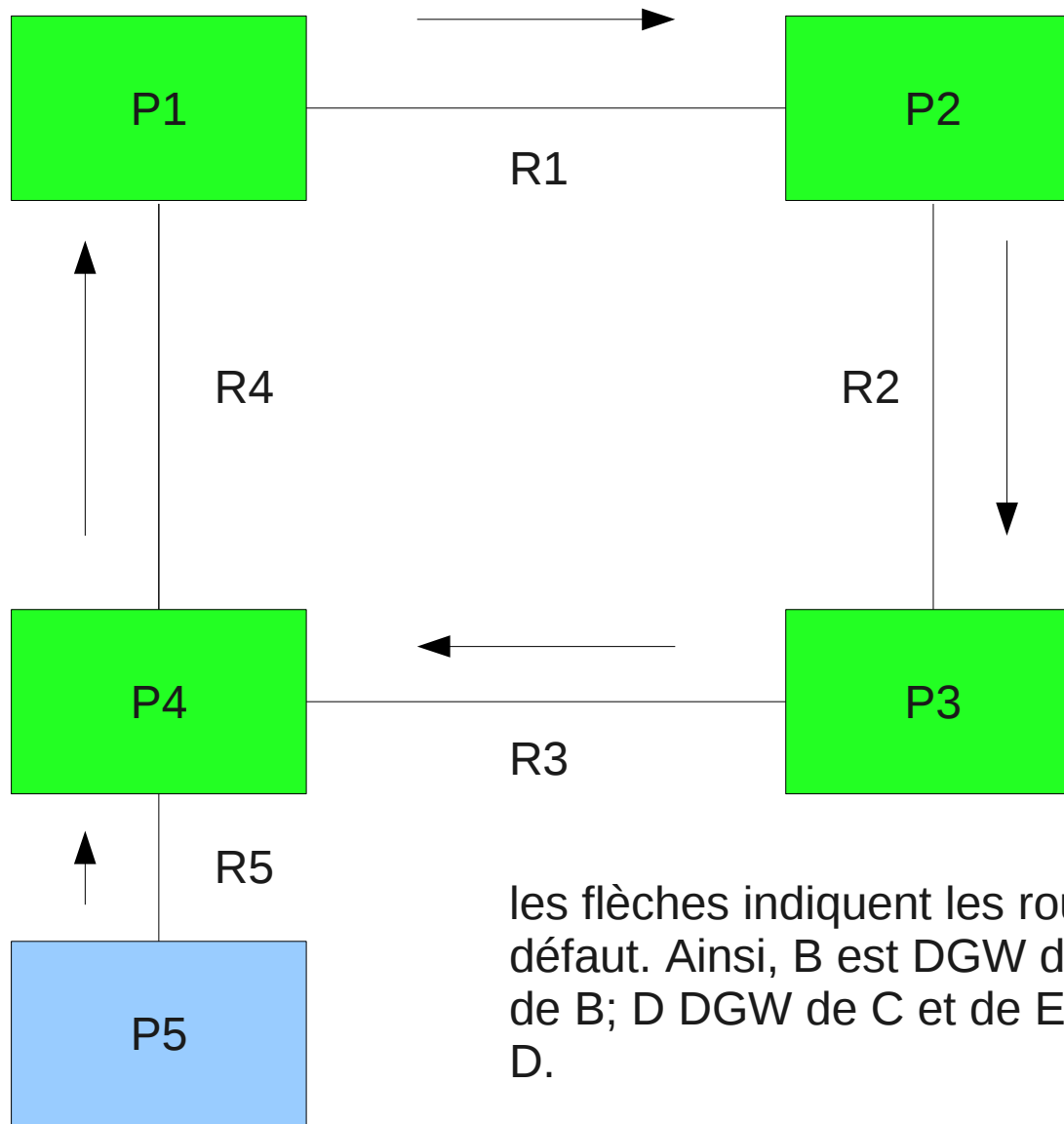
Routage: routeur par défaut, routes statique

- Table de routage :
 - Une entrée pour chaque réseau directement connecté
 - Routeur par défaut: pour les destinations non traités par les autres entrées
 - Routes statiques: pour les destinations pour lesquelles le routeur par défaut ne convient pas
- Le parcours de la table est récursif
 - Les cas d'arrêt sont les réseaux directement connectés à l'hôte.

Routage : algo de routage (faux mais éclairant)

- quand une machine M a un paquet à transmettre, elle applique l'algorithme suivant :
 - D: si le paquet est pour une machine située sur l'un des sous-réseaux d'une de ses cartes réseau, il est envoyé directement à la destination
 - RSH: si le paquet est pour un hôte pour lequel M a une route définie, il est envoyé au routeur défini dans la route
 - RSR: si le paquet est pour un réseau pour lequel M a une route définie, => envoyé au routeur défini dans la route
 - DGW: sinon, le paquet est envoyé au routeur par défaut de M

réseau 1:

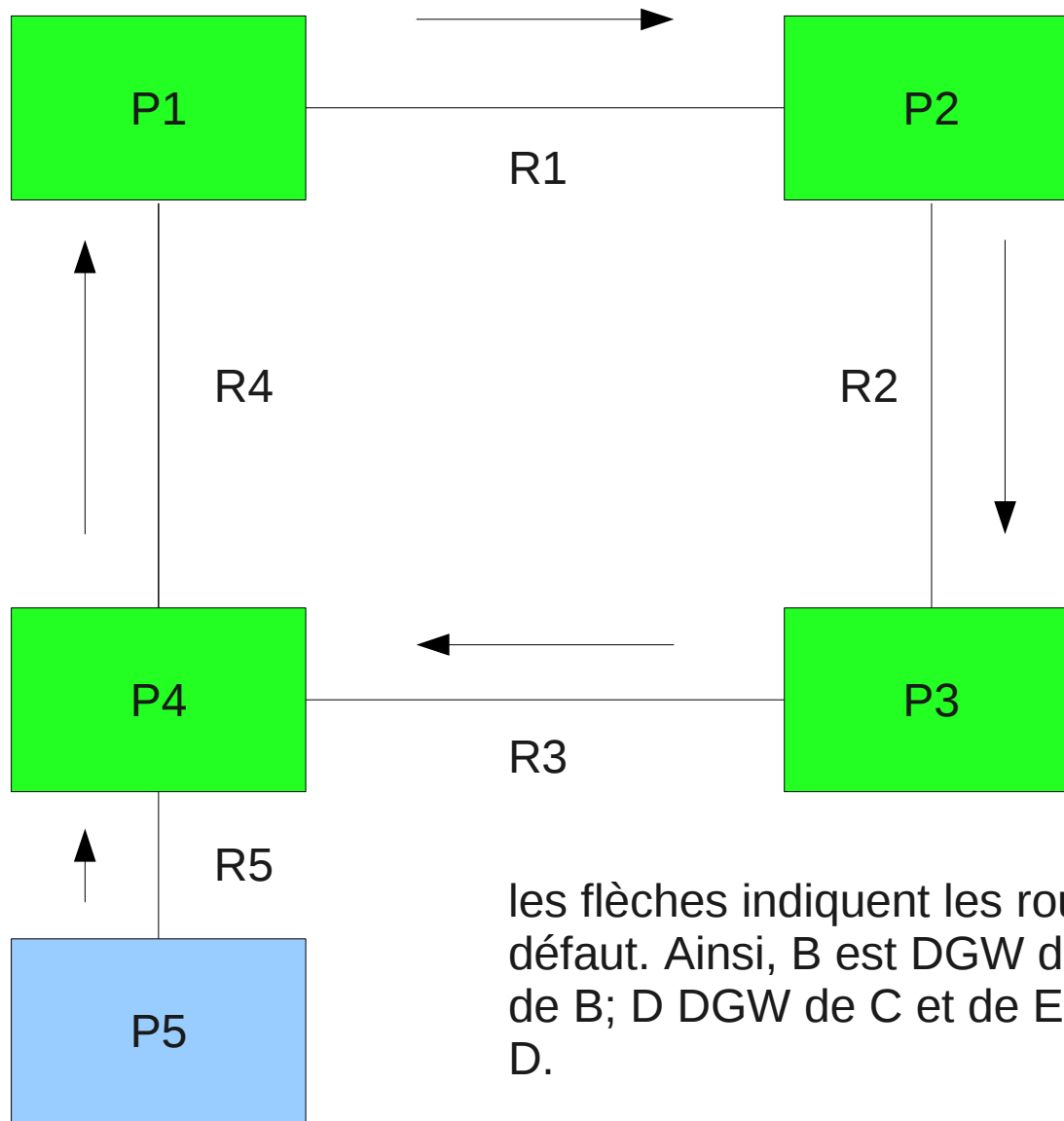


Couleurs:

- vert: routage activé
- bleu: hôtes non routeur

les flèches indiquent les routeurs par défaut. Ainsi, B est DGW de A; C DGW de B; D DGW de C et de E et A DGW de D.

réseau 1:

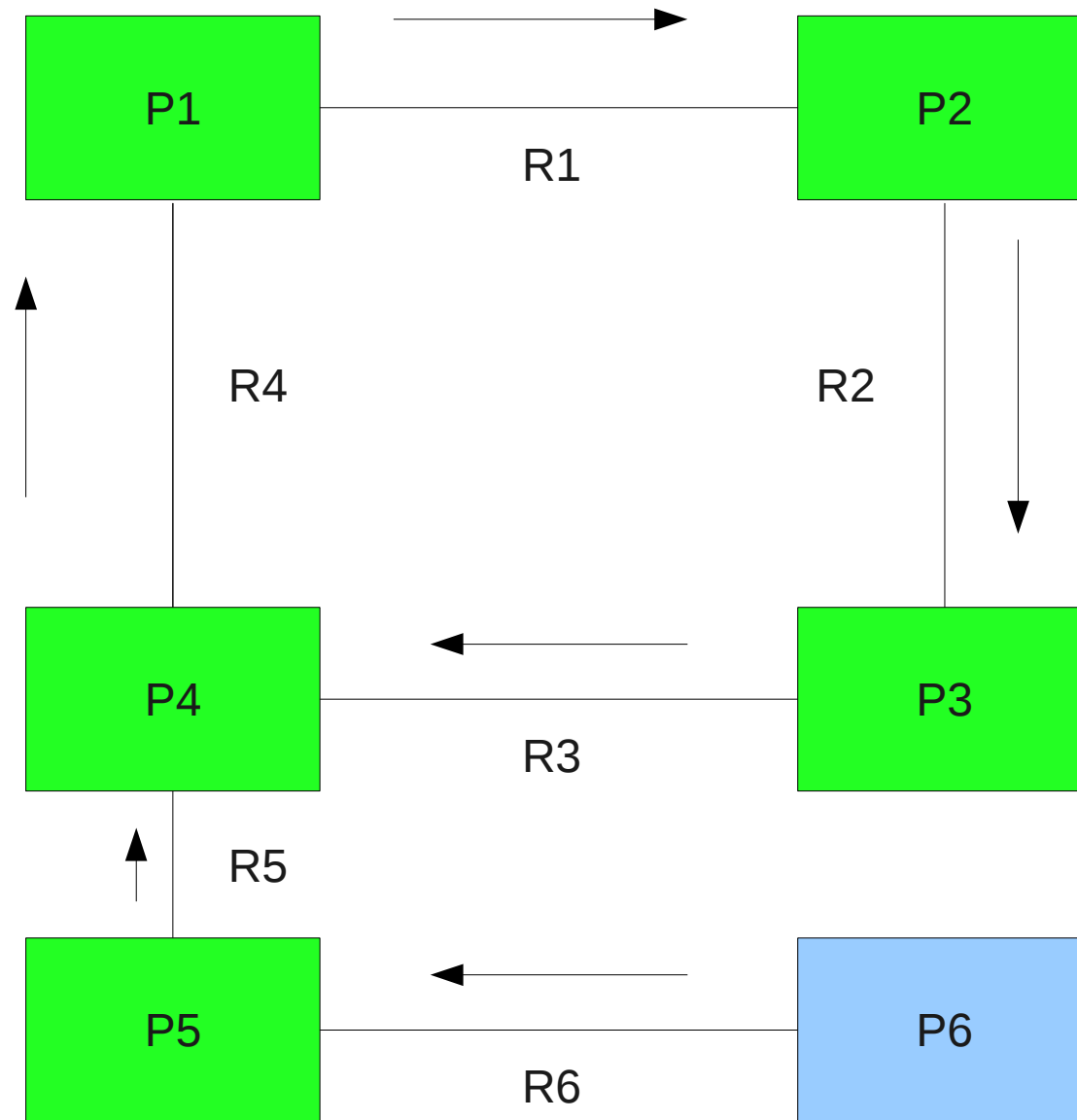


Couleurs:

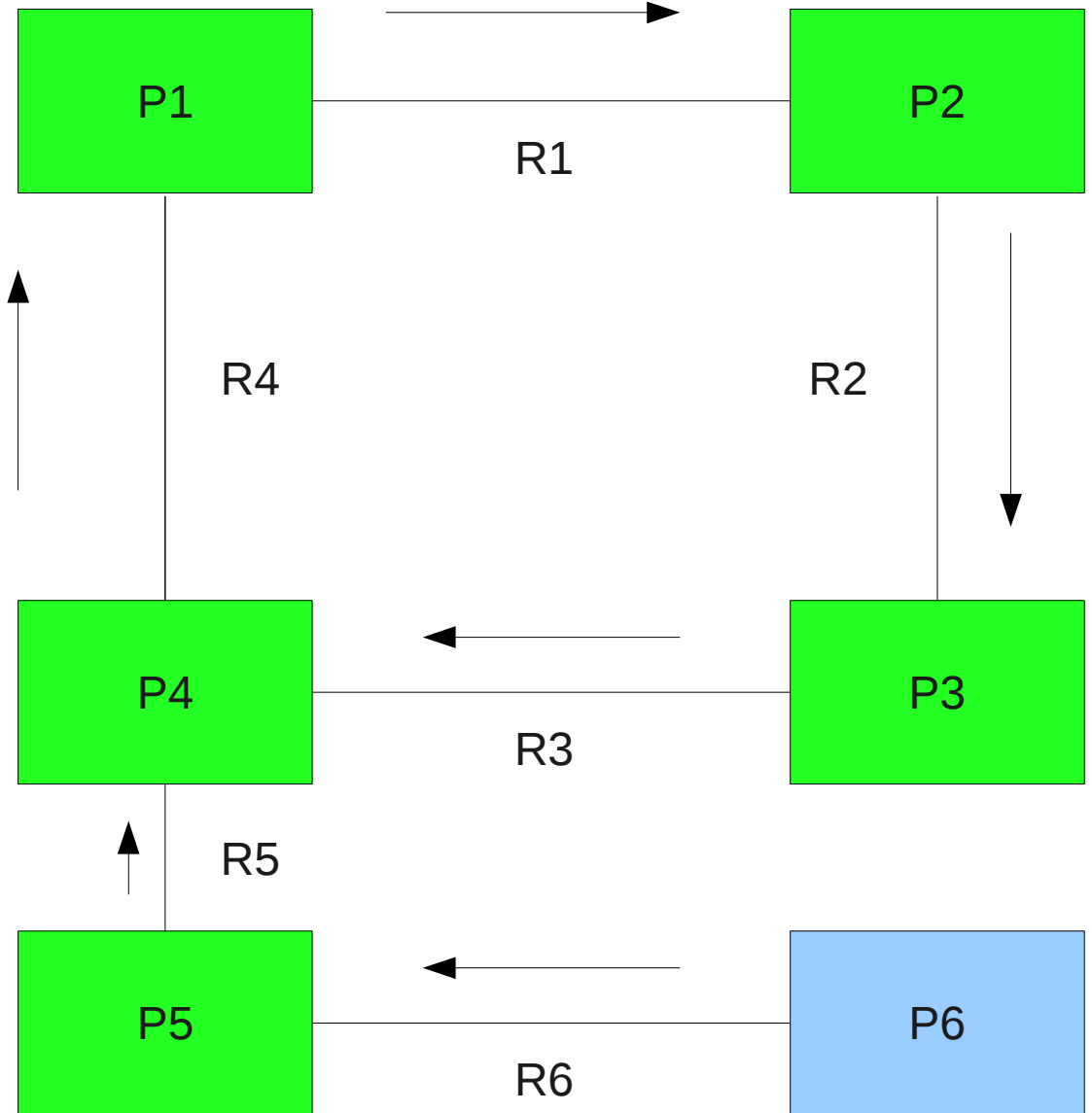
- vert: routage activé
- bleu: hôtes non routeur

les flèches indiquent les routeurs par défaut. Ainsi, B est DGW de A; C DGW de B; D DGW de C et de E et A DGW de D.

Routeage

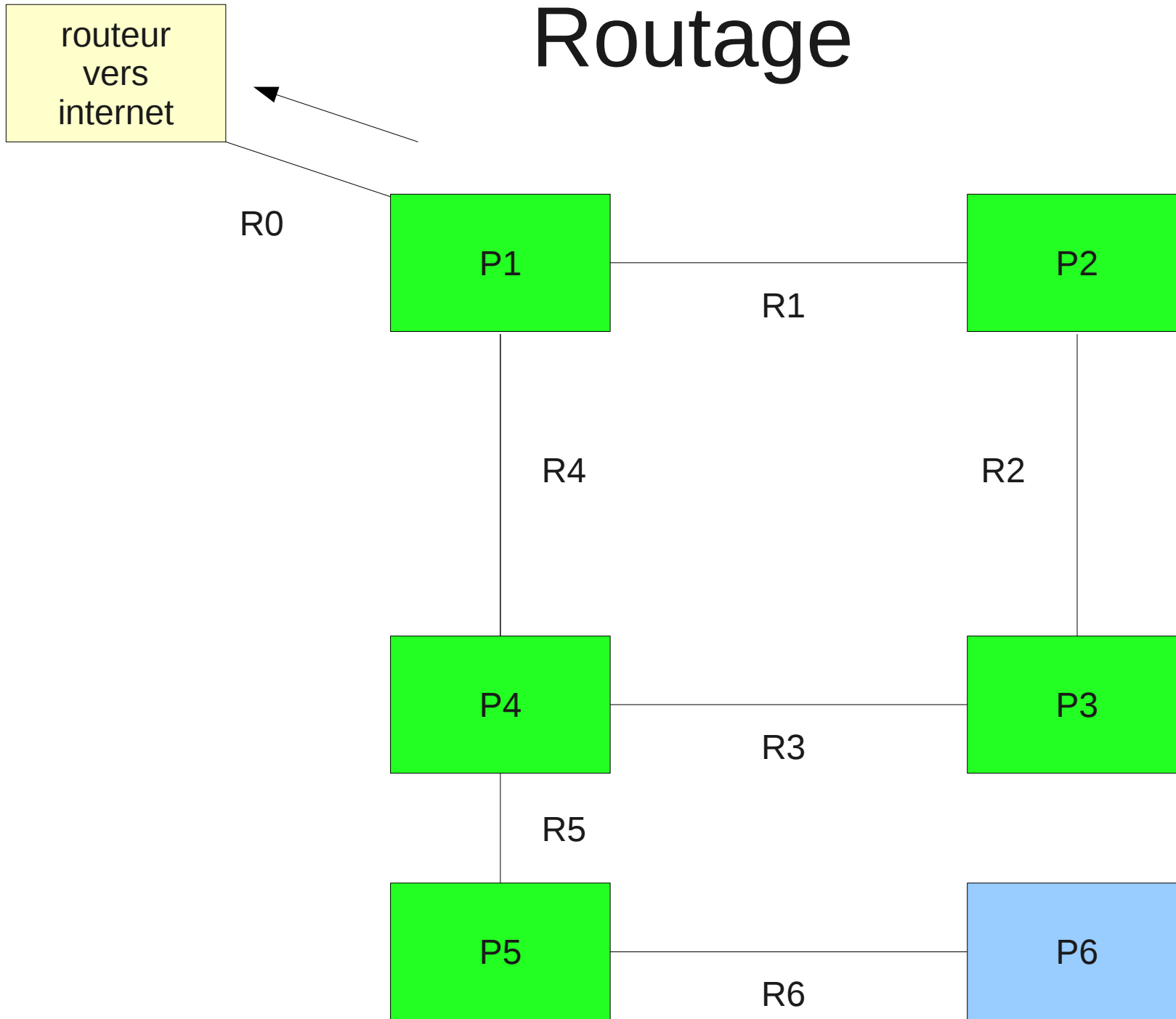


Routage



sur P4:
- pour aller en R6,
passer par P5

Routage



Routage: algo de routage (juste)

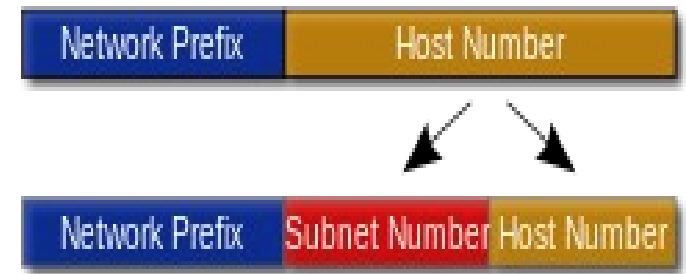
- Tri des lignes par taille de masque décroissante
- On prend la première entrée qui convient
- Fonctionnement récursif

Table de routage IP du noyau

Destination	Passerelle	Genmask	Indic	Iface
195.221.162.0	0.0.0.0	255.255.255.0	U	eth0
172.18.0.0	192.168.120.102	255.255.0.0	UG	eth1
172.17.0.0	0.0.0.0	255.255.0.0	U	eth2
192.168.0.0	0.0.0.0	255.255.0.0	U	eth1
172.20.0.0	0.0.0.0	255.255.0.0	U	eth3
0.0.0.0	195.221.162.249	0.0.0.0	UG	eth0

Sous-réseaux : motivations (1)

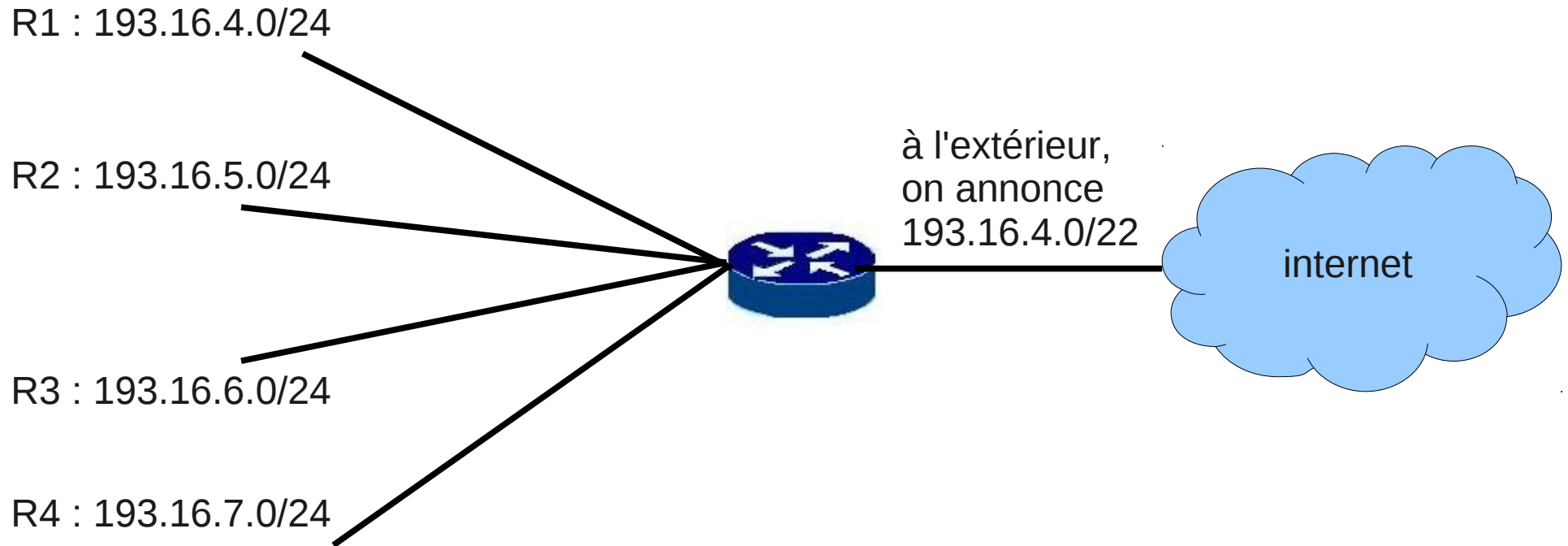
- limiter le nombre de paquets diffusés (broadcast) qui sont proportionnels au nombre de machines du réseau
- raison topologique : sites distants, ...
- isoler des parties du réseau entre elles en forçant le passage par un routeur filtrant
 - rappel : des machines sur le même réseau peuvent communiquer directement



image, source : wikimedia

Sous-réseaux : motivations (2)

- annoncer à l'extérieur un seul réseau regroupant plusieurs réseaux internes
 - une seule entrée dans les routeurs externes
 - cache la structure interne du réseau à l'extérieur



découpages de sous-réseaux : exemple

- Un administrateur gère un réseau 192.44.78.0/24. Il aimerait décomposer ce réseau en quatre sous-réseaux.
- Pour cela, il réserve les deux premiers bits de l'identifiant machine pour identifier ses nouveaux sous-réseaux. Toute adresse IP d'un même sous-réseau aura donc 24 bits en commun ainsi que les deux bits identifiant le sous-réseau. Le masque de sous-réseau peut ainsi être codé de la façon suivante : 11111111.11111111.11111111.11000000 en binaire, ce qui correspondra à 255.255.255.192 en décimal. Les sous-réseaux seront :
 - 192.44.78.0/26 (les adresses de 192.44.78.0 à 192.44.78.63)
 - 192.44.78.64/26 (les adresses de 192.44.78.64 à 192.44.78.127)
 - 192.44.78.128/26 (les adresses de 192.44.78.128 à 192.44.78.191)
 - 192.44.78.192/26 (les adresses de 192.44.78.192 à 192.44.78.255)
- 62 adresses de chaque sous-réseau seront utilisables pour numéroter des interfaces.
- source de l'exemple : wikipedia,
<https://fr.wikipedia.org/wiki/Sous-r%C3%A9seau>

sous réseau /31

- /31 fourni 2 adresses
- PB : si on ote adresse réseau et diffusion, reste 0 adresses
- solution : RFC3021
 - utiliser /31 pour relier 2 routeurs
 - seulement 2 hôtes sur le réseau
 - pas d'utilisation d'adresse de réseau ni de diffusion
 - les 2 adresses sont utilisées pour identifier des hôtes (les 2 routeurs)
 - utiliser pour des liens entre routeurs dans une infrastructure réseau.

taille d'un sous-réseau

- le masque d'un sous-réseau peut se calculer en fonction du nombre d'adresses nécessaire :
 - trouver p tel que $n=2^p$ (avec n = nombre d'adresses)
- exemples :
 - 1500 hôtes : $1024-2 < 1500 < 2048-2$ et $2048=2^{11}$ donc 11 bits pour la partie machine et donc un réseau /21 (car $21+11=32$)
- Attention : tenir compte de l'augmentation prévisible du nombre d'hôtes pour ne pas être coincé plus tard par un choix trop étriqué

nombre et répartition des sous-réseaux d'une taille donnée

- Problématique type : combien de sous-réseaux de 50 machines dans un réseau 192.168.5.0/24 et quels sont-ils ?
 - réponse : $32-2 < 50 < 64-2$ donc réseaux de 64 adresses : de 0 à 63 puis de 64 à 127 puis de 128 à 191 puis de 192 à 255 :
 - 192.168.5.0/26 (broadcast : 192.168.5.63/26)
 - 192.168.5.64/26 (broadcast : 192.168.5.127/26)
 - 192.168.5.128/26 (broadcast : 192.168.5.191/26)
 - 192.168.5.192/26 (broadcast : 192.168.5.255/26)

nombre et répartition des sous-réseaux d'une taille donnée

- Problématique type : combien de sous-réseaux de 50 machines dans un réseau /22 192.168.4.0/22 et quels sont-ils ?
 - réponse : $32-2 < 50 < 64-2$ donc réseaux de 64 adresses. Notre /22 va de 192.168.4.0 (adresse réseau) à 192.168.7.255 (diffusion)
 - de /22 à /26, on a 4 bits donc $2^4=16$ valeurs possibles pour les sous-réseaux/26 dans le /22
 - Les 16 sous-réseaux de 64 adresses (diff. et réseau inclus) seront : 192.168.4.0/26, 192.168.4.63/26, ..., 192.168.4.192/26, 192.168.5.0/26, ..., 192.168.5.192/26, ..., 192.168.7.192/26

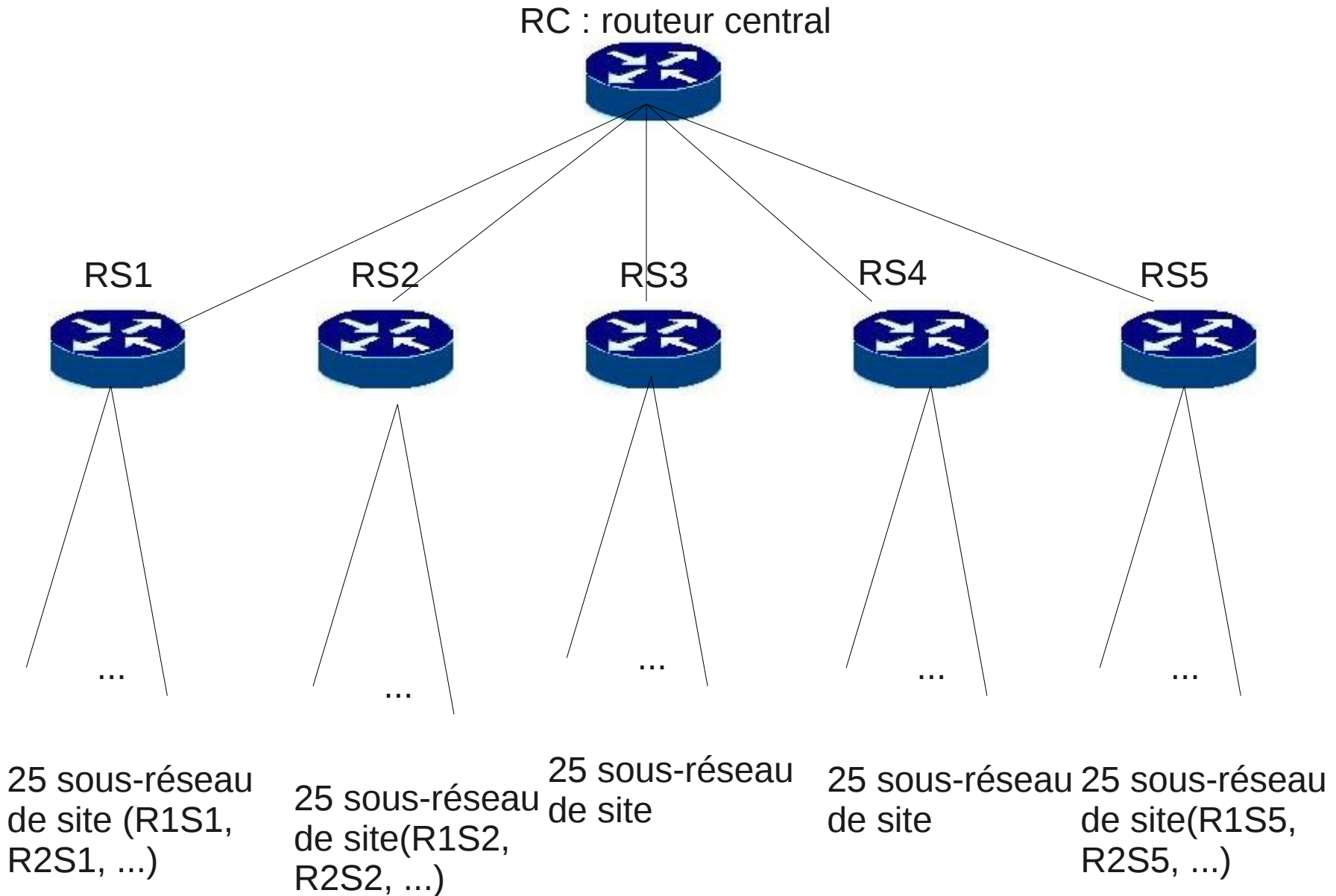
stratégie pratique

- La base :
 - être capable de déterminer le masque en fonction du nombre de machines
 - savoir découper un sous-réseau en sous-réseaux de la taille déterminée ci-dessus
- 2 stratégies si plusieurs niveaux de sous-réseaux :
 - privilégier la simplicité du routage (mon conseil)
 - privilégier l'économie du nombre d'adresse
- conseil : utiliser la première stratégie

exemple concret

- Une entreprise possède 5 sites.
- Les sites sont constitués chacun de 25 services.
- Chaque service peut avoir jusqu'à 150 hôtes (ordinateurs, imprimantes, ...).
- Pour ses services, sites, ... l'entreprise a une classe B: 172.16.0.0/16.
- chaque site possède un routeur central auquel sont reliés les réseaux de services du site
- l'entreprise possède un routeur central auquel sont reliés les routeurs de sites

plan du réseau



calcul des tailles

- un sous-réseau de 150 hôtes : $128-2 < 150 < 256-2$
donc il faut un /24 pour contenir un tel réseau
($256=2^8$ et $32-8=24$)
- les réseaux de service seront donc au moins des /
24 : partie hôte de 8 bits
- pour représenter 25 services, il faut 5 bits ($2^5=32$)
- un réseau contenant ces 25 services sera donc
un /19
- pour représenter 5 sites, il faut au moins 3 bits
($2^3=8$)
- un réseau contenant 5 réseaux /19 sera donc un /16

bilan

- réseaux de sites :
 - 172.16.0.0/19 ; 172.16.32.0/19 ;
172.16.64.0/19 ; 172.16.96.0/19 et
172.16.128.0/19 (reste 3 sites sup.
possibles)
- réseaux de services :
 - site 1 : 172.16.0.0/24 à 172.16.24.0/24 (reste
7 services sup. possibles)
 - site 2 : 172.32.0.0/24 à 172.63.0/24 (idem)
 - ...
 - site 5 : 172.128.0.0/24 à 172.149.0/24 (idem)

Variante :

- le site 1 a en fait 50 services, les autres sites ont 25 services
- le calcul précédent ne change que pour le site 1 qui utilise maintenant un /18
- problème : si on affecte des /18 à tous les sites, ça ne tient plus
- Solution : on affecte un /18 au site 1 (~ 2 réseaux / 19) et des /19 aux autres sites
 - S1 : 172.16.0.0/18 ; S2 : 172.16.64.0/19 ;
S3 : 172.16.92.0/19 ; S4 : 172.16.128.0/19
et S5 : 172.16.150.0/19

Exercice :

- attribuer des IP sur des /31 aux routeurs de site et à RC
- décrire les entrées de la table de routage du routeur RC sachant que son routeur par défaut est nommé RFAI.

exemple concret avec économie du nombre d'adresses

- rien ne change pour les services qui sont toujours des /24
- on utilise les réseaux de service dans l'ordre sans créer de réseau de site
 - site 1 : 172.16.0.0/24 à 172.16.24.0/24
 - site 2 : 172.25.0.0/24 à 172.16.49.0/24
 - ...
 - site 5 : 172.16.100.0/24 à 172.16.124.0/24
 - les adresses au dessus de 172.16.125.0 sont libres
 - la table de routage de RC contient une entrée par réseau de service