

Présentation

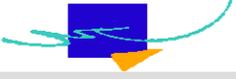
- Pascal PETIT
- tel.: Non
- mèl: pascal.petit@info.univ-evry.fr
- WeB: <http://www.ibisc.univ-evry.fr/~petit>

Tour d'Horizon

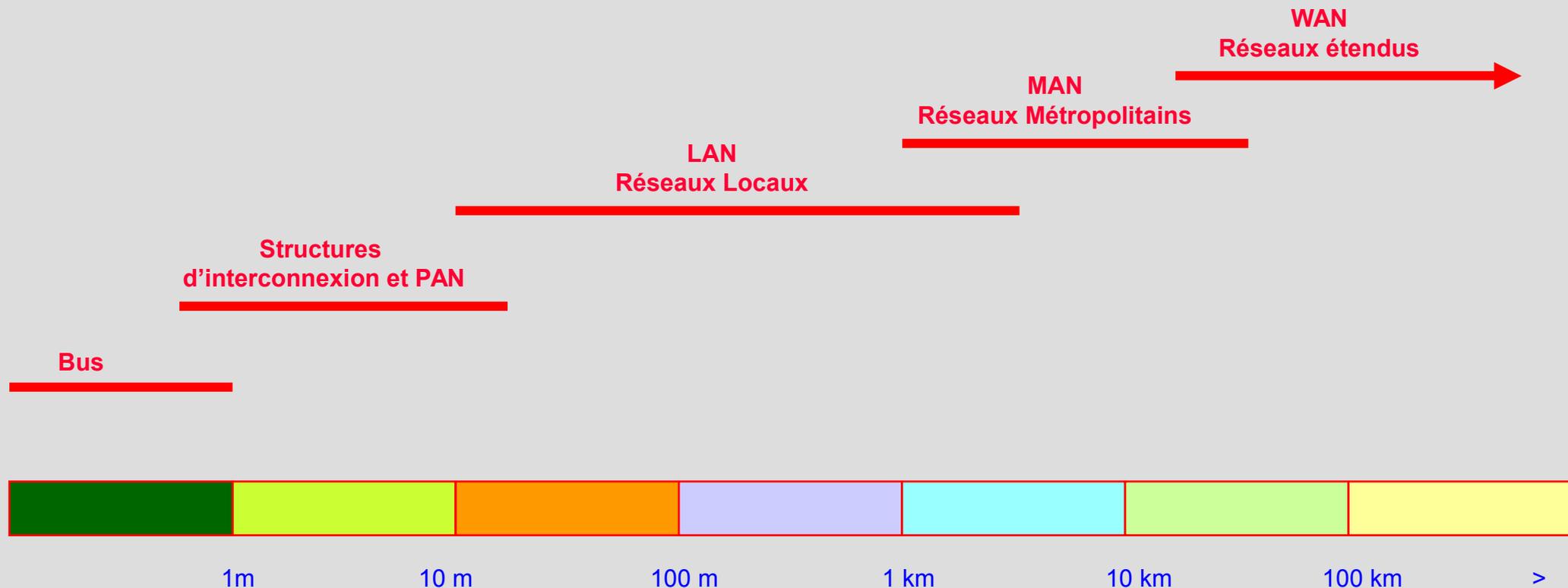
- Dans un premier temps, nous allons aborder la problématique des réseaux et de la décomposition en couche d'une façon synthétique mais non rigoureuse
- Les notions décrites seront vues dans le détail dans la suite du cours

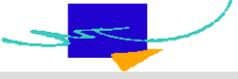
réseau: complexité des contraintes

- relier des machines avec des liaisons physiques variées
- fournir des services variés:
 - transfert de données, WeB, voix, video, temps réel, ...
 - qualité de service, sécurité, ...

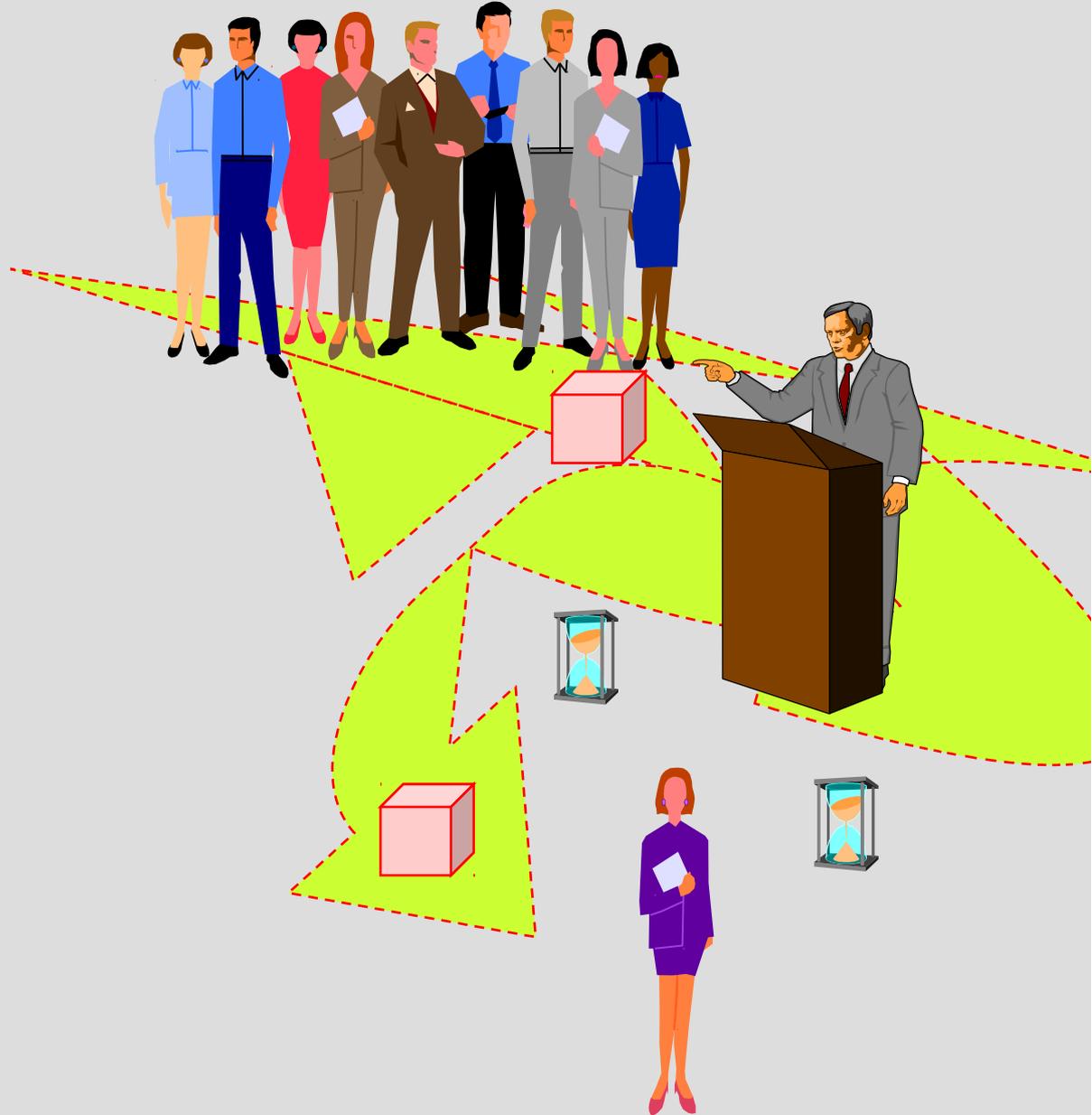
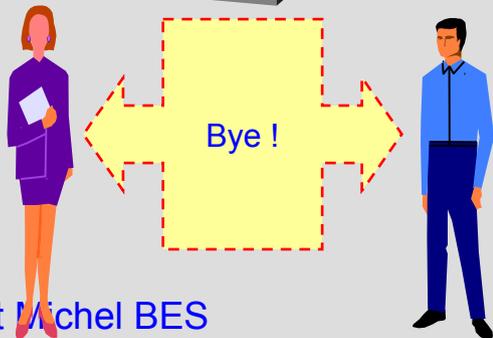
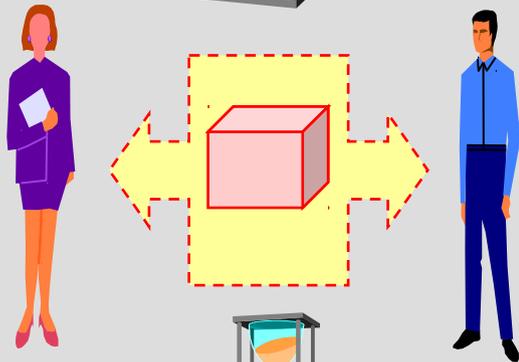
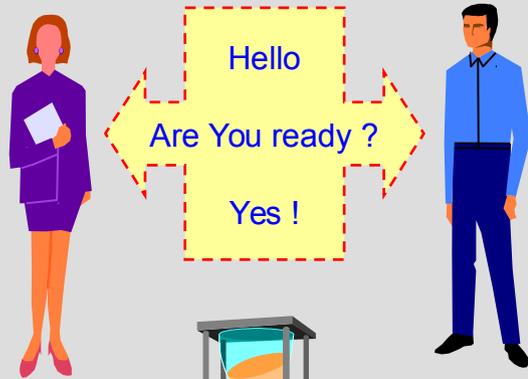


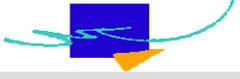
Catégories de Réseaux





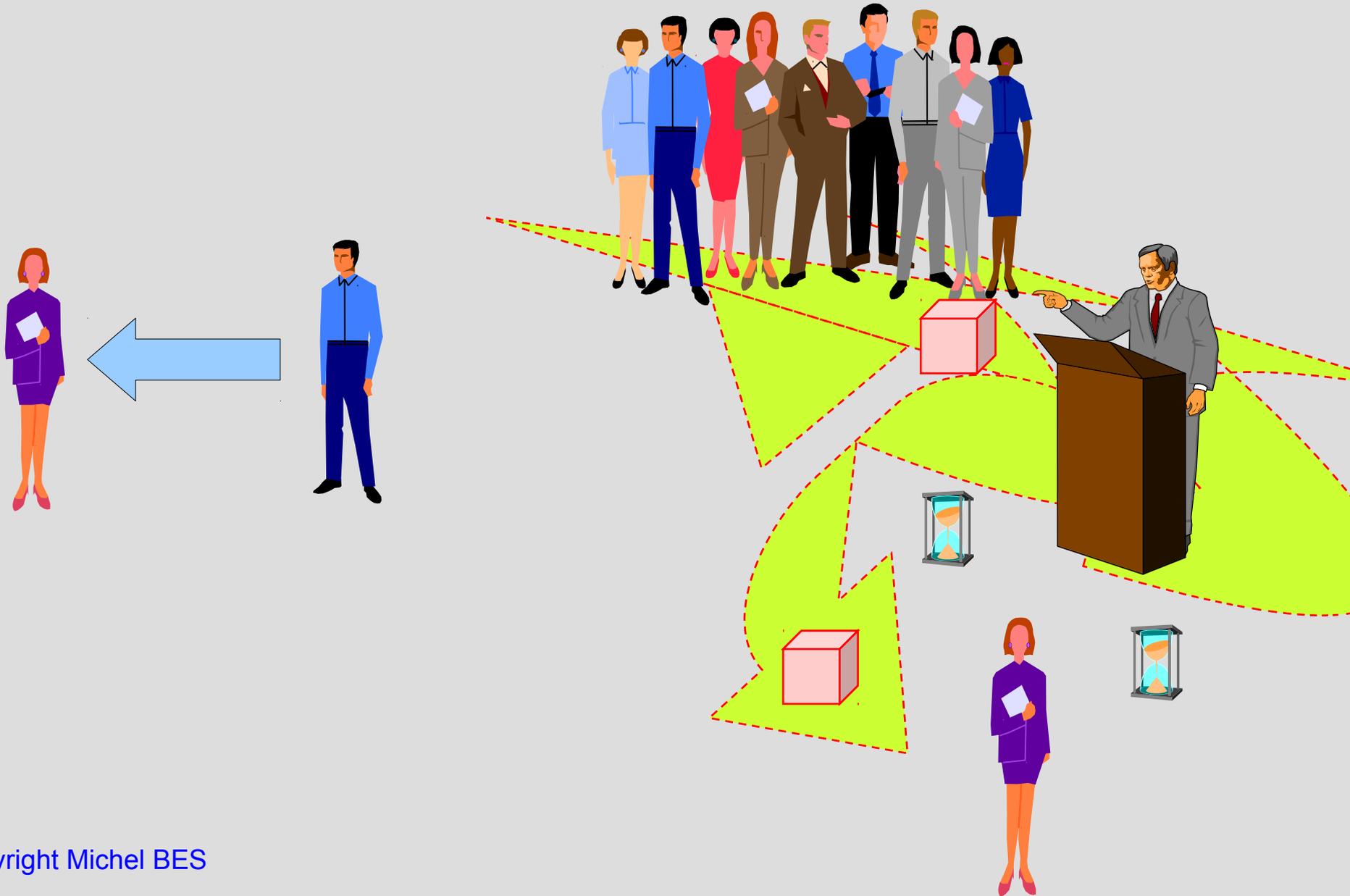
avec ou sans connexion





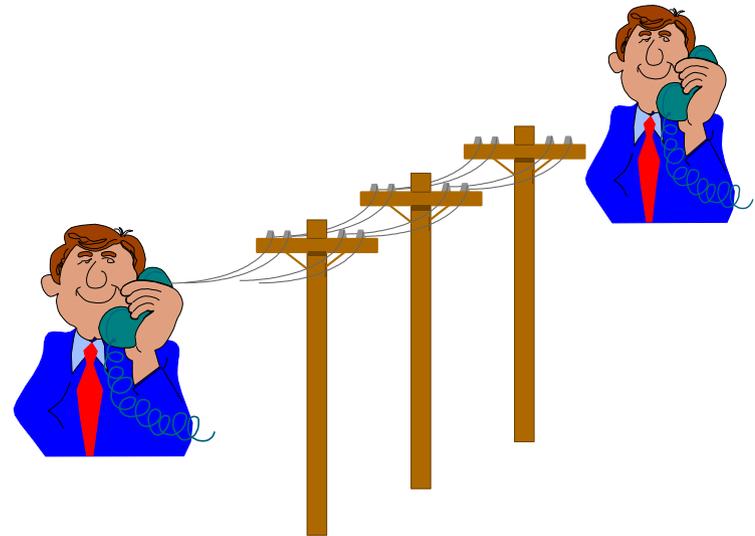
UNIVERSITE
D'EVRY
VAL D'ESSONNE

1 à 1 ou 1 à N



commutation de circuits/ de paquets

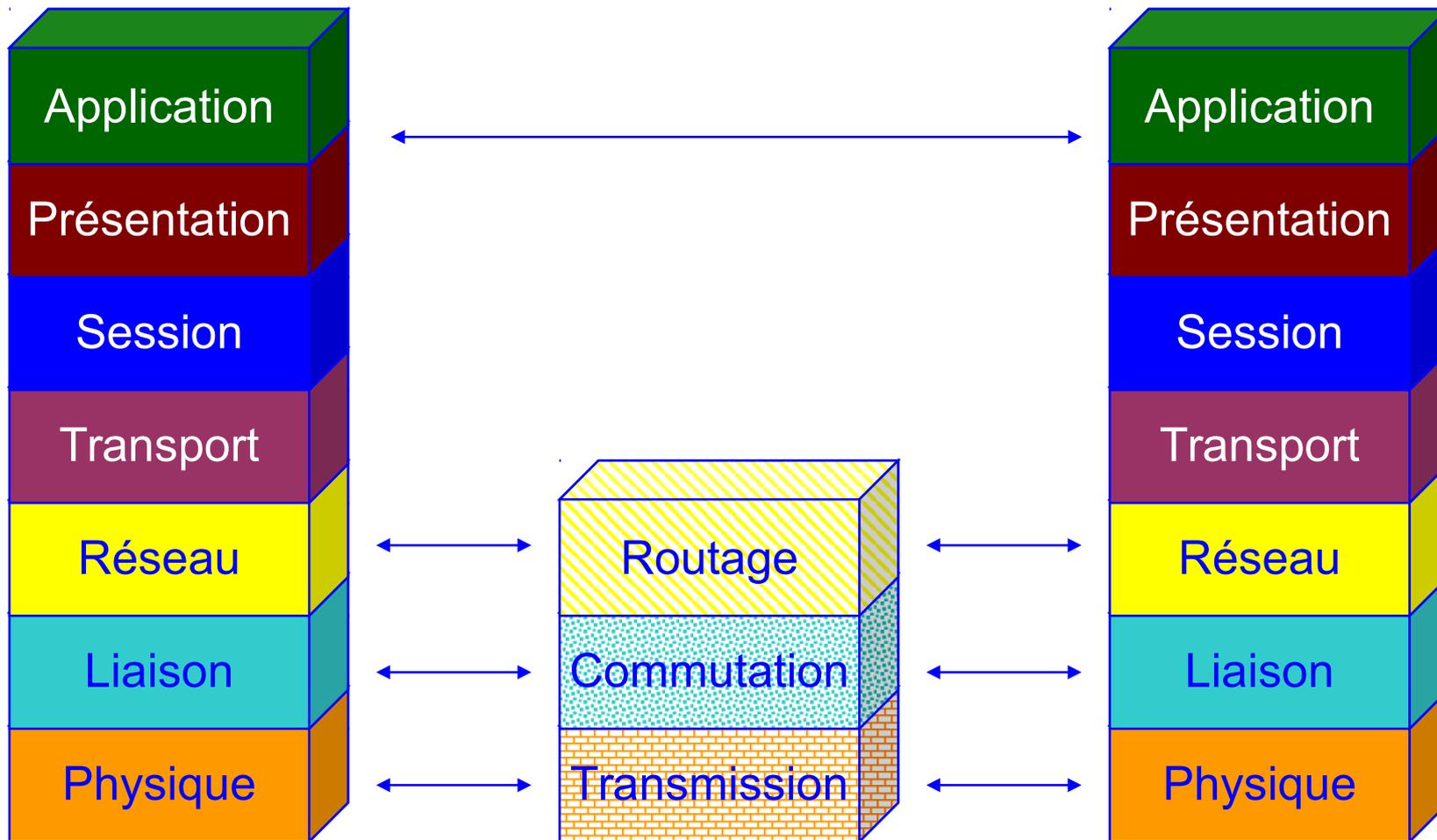
- telecom anciens :
commutation de circuit :
« pas suite
d'encombrement ... » :
réservation d'un circuit
de la source à la
destination
- commutation de
paquets : découpage
des données en
paquets



solution :

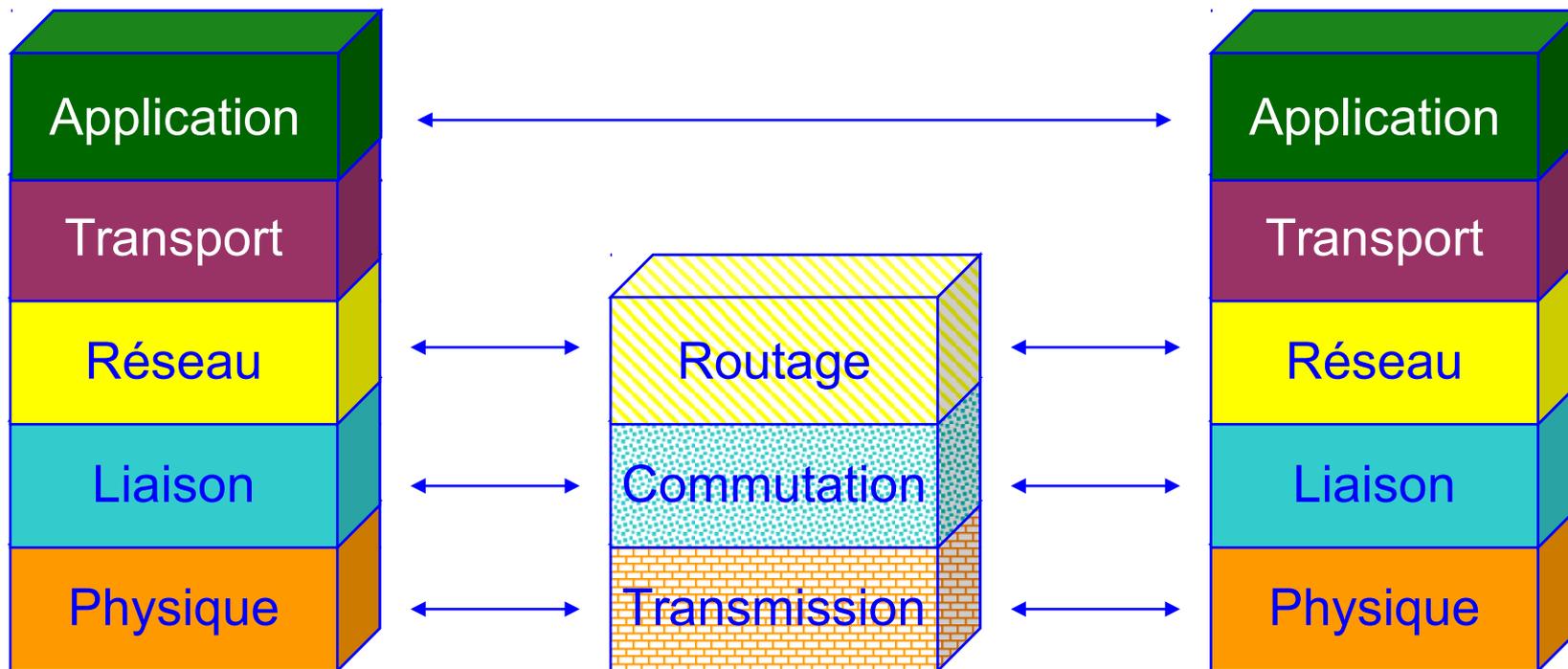
- diviser pour mieux regner
- garantir des interfaces claires entre couches/modules

Architecture OSI

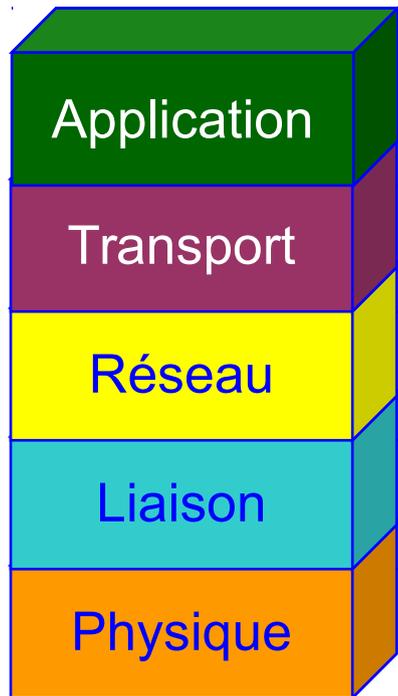


Architecture tcp/ip améliorée :-)

Le cours se limitera aux réseaux TCP/IP



Architecture tcp/ip améliorée :-)



Numéro de port : identifie un programme communiquant sur un hôte

Adresse IP

Adresse MAC (ou adresse physique, matérielle)

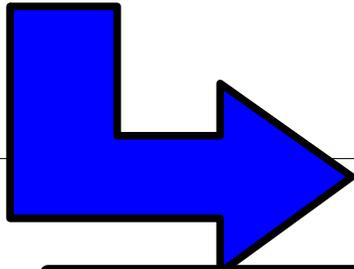
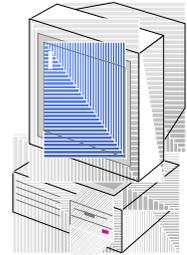
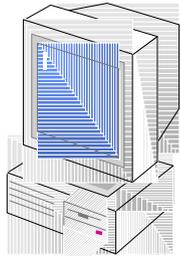
couche physique/couche liaison

- physique
- liaison: ethernet, adresse ethernet: permet la communication entre deux machines directement reliées (sur le même lien physique)
 - exemple:
 - les machines de la salle et une partie des machines de l'étages sont directement reliées
 - elles peuvent directement communiquer
 - votre poste et www.google.fr ne sont pas directement reliés

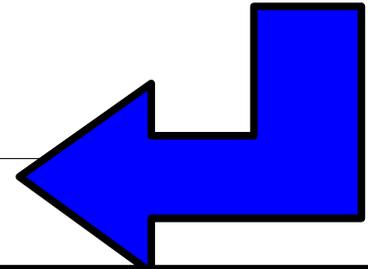
couche réseau: IP

- apport de la couche réseau: permettre la communication entre deux machines non directement reliées
 - via un chemin constitué de de machine directement reliées
 - s'appuie sur la couche liaison pour chaque « saut de puce »
- Adresse IP : identifie l'interface réseau d'une machine
 - un adresse ip correspond à une seule machine
 - par contre, une machine peut avoir plusieurs adresses 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

lien entre liaison et IP: ARP

- Répond au problème suivant
 - La couche réseau connaît l'adresse ip de la destination (next-hop)
 - La couche liaison a besoin de son adresse MAC
 - ARP permet à la couche réseau d'avoir l'adresse MAC d'un hôte directement joignable à partir de son IP
- ARP : adress resolution protocol
- la machine demandeuse diffuse un message sur le réseau auquel la machine concernée répond

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/ Adresse postale

- une adresse postale identifie une boîte aux lettres
- deux maisons différentes ne doivent pas avoir la même adresse
- deux boîtes aux lettres différentes ne doivent pas avoir la même adresse
- une boîtes aux lettre peut avoir plusieurs noms
- une maison peur avoir plusieurs boîtes aux lettres

Adresse IP/ Adresse postale

- adresse IP: adresse postale
- boîte aux lettres : interface réseau
- maison : machine
 - une adresse IP identifie une carte réseau
 - deux machines différentes ne doivent pas avoir la même adresse
 - deux cartes différentes ne doivent pas avoir la même adresse
 - une machine peut avoir plusieurs adresses
 - une machine peut avoir plusieurs cartes

sous réseau/masque de sous-réseau

- sous-réseau:
 - 192.168.10.2: adresse IP (partie réseau.partie hôte)
 - 192.168.10.0: réseau (partie hôte à 0)
 - 255.255.255.0: masque de sous-réseau
 - Partie réseau à 1 (en base 2), hôte à 0 (idem)
 - $11111111=255$
- 2 machines sont sur le même réseau si leur adresse a la même partie réseau: c.-à-d. si on obtient la même chose après application du masque à leur adresse
- 2 machines sont directement connectées si elles sont sur le même réseau IP

Exemples

- indiquez l'adresse du sous-réseau et l'adresse de la machine dans le réseau dans les cas suivants :
- masque: 255.255.255.0
 - 192.168.196.12
 - 192.168.196.20
 - 192.168.2.27
- masque: 255.255.0.0
 - 172.16.0.2
 - 172.16.2.3
 - 172.16.4.4

Exemples

- masque: 255.255.255.0
 - Sous réseau 192.168.196.0:
 - 192.168.196.12
 - 192.168.196.20
 - Sous-réseau 192.168.2.0:
 - 192.168.2.27
- masque: 255.255.0.0
 - Sous-réseau 172.16.0.0:
 - 172.16.0.2
 - 172.16.2.3
 - 172.16.4.4

Classes d'adresses A, B, C, ...

- l'histoire: les classes:
 - A: masque 255.0.0.0 (16millions d'adresses. ex.: 10.0.0.0)
 - B: masque 255.255.0.0 (64000 machines. Ex.: 172.16.0.0)
 - C: masque 255.255.255.0 (254 machines, Ex.: 192.168.10.0)
- CIDR:on découpe au bit près
 - Le masque : /nb_chiffres_partie_réseau
 - Classe A : /8, B /16, C /24 mais /22, /12, ... possibles
- classes privées RFC 1918

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

Taille des réseaux (exemples)

- Avec 3 chiffres en base 10, on a $1000=10^3$ valeurs (de 0 à 999)
- Avec 3 chiffres en base 2, on a $2^3=8$ valeurs
- Au total 32 chiffres
 - Masque /25
 - Taille partie hôte = $32-25 = 7$
 - $2^7=128$ valeurs
 - 2 valeurs réservées (réseau et diffusion)
 - 126 hôtes possibles

Problématique 1 : nb d'hôtes à partir du masques

- Masque : /nn nombre de chiffre partie réseau
- $32 - nn = y$ nombre de chiffres de la partie hôtes
- 2^y : nombre de valeur de la partie hôtes
- $2^y - 2$: nombre d'hôtes possible

Taille des réseaux (exemples 2)

- Quel plus petit masque pour un réseau contenant au moins 49 hôtes ?
- Au moins $49+2$ valeurs (réseau + diffusion) = 51 valeurs
- $32 = 2^5 < 51 \leq 64 = 2^6$
- La taille de la partie hôte cherchée est 6
- Le masque est /26 car $32-6=26$ (32 = nombre total de chiffres)

Problématique 2 : masque à partir du nb d'hôtes

- Quel masque pour y hôtes ?
- y hôtes donc $y+2$ valeurs (adresse de diffusion et adresse du réseau)
- Trouver n tel que : $2^{(n-1)} < y+2 \leq 2^n$
- N est la taille de la partie hôtes de notre réseau
- Le masque est $/nn$ avec $nn=32-y$

couches réseau

- la couche liaison est chargée des connexions directes entre hôtes situés sur le même brin
- la couche réseau apporte le routage: faire communiquer des machines non directement reliées en passant par des machines intermédiaires appelées routeurs
 - le trajet entre deux machines se décompose alors en une série de sauts de puces entre machines directement reliées
 - deux machines sont directement reliées si elles sont sur le même réseau IP

réseau: routage

- 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) : next hop
- Une machine qui sait gérer des paquets qui ne lui sont pas destinés est appelée routeur (ou, par abus de langage, passerelle).
- Routeur/Passerelle par défaut : utilisée quand aucune des autres entrées ne convient

Table de routage

- Le routage IP : algorithme de routage
 - se fait paquets par paquets
 - En fonction d'informations locales
 - Adresse ip destination du paquet
 - Contenu de la table de routage
 - Pour déterminer le next hop
- Table de routage
 - Liste de couples (destination, routeur)
 - Liste aussi les réseaux auxquels l'hôte est rattaché (routeur : 0.0.0.0)
 - Destination : adresse et masque
 - Routeur : ip du routeur

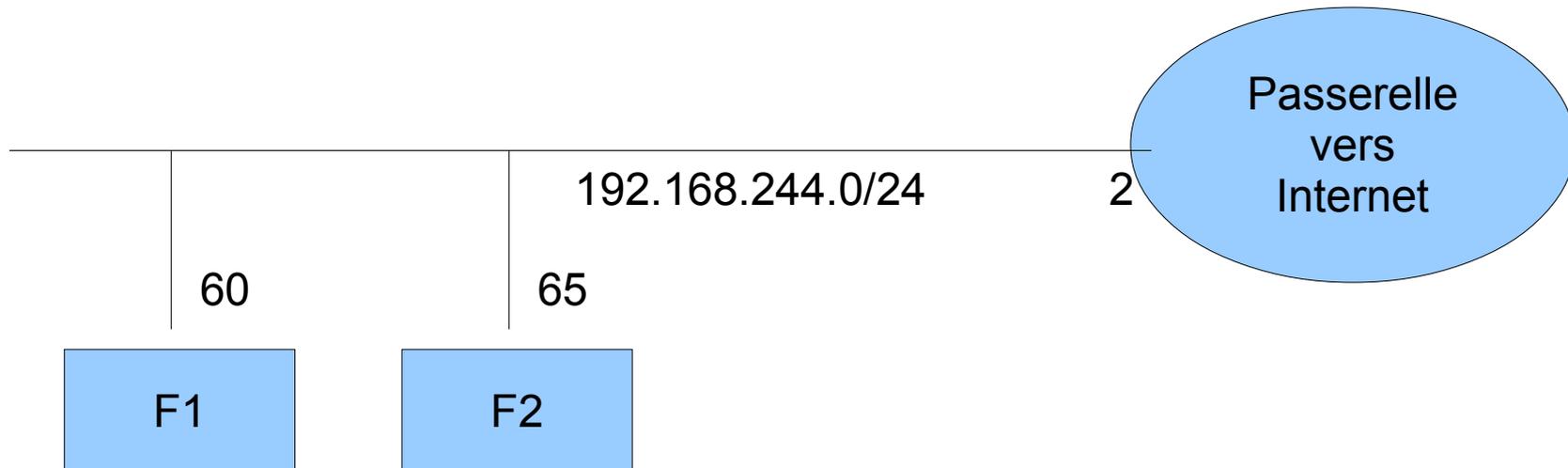
routage dynamique

- Routage dynamique : un programme externe modifie la table de routage
- Hors du programme de cet enseignement

Algorithme de routage (faux)

- quand une machine M a un paquet à transmettre, elle applique l'algorithme suivant :
 - 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
 - si le paquet est pour une destination pour laquelle M a une route définie, => envoyé au routeur défini dans la route
 - sinon, le paquet est envoyé à la passerelle par défaut de M

Routage : cas simple



La machine F1 d'adresse IP 192.168.244.60 a un routeur par défaut qui a comme adresse 192.168.244.2. Elle enverra directement à leur destinataire les datagrammes dont l'ip de destination est sur 192.168.244/24 (F2 par ex.) Elle enverra les autres datagrammes à son routeur par défaut. Quid de la configuration réseau de la passerelle vers internet ?

Routage : cas simple(2)

- Table de routage de F1 :

Destination	Passerelle	Genmask	Indic	Iface
192.168.244.0	0.0.0.0	255.255.255.0	U	eth0
0.0.0.0	192.168.244.2	0.0.0.0	UG	eth0

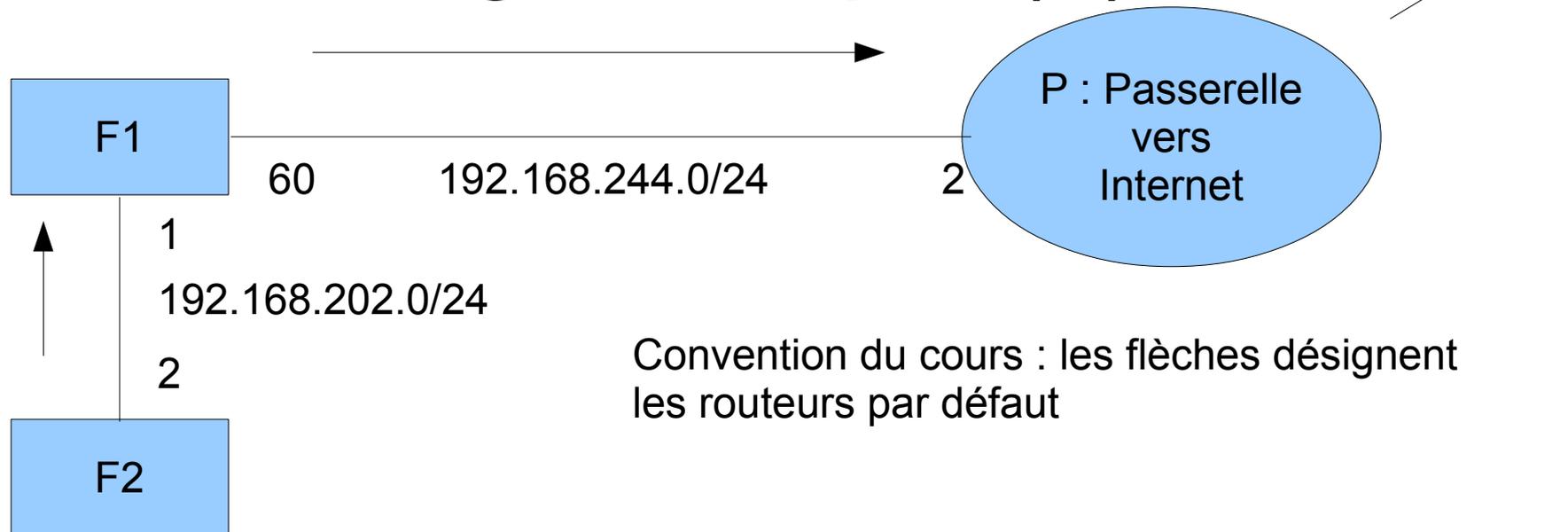
La premier ligne désigne le réseau local auquel F1 appartient

La seconde ligne définit le routeur par défaut

À noter :

- La destination est indiquée par les colonnes Destination et Genmask
- Le routeur à utiliser par la colonne Passerelle

Rappel réseau: exemples de routage statique (2)



F2 : IP 192.168.202.2, routeur par défaut (DGW) : 192.168.202.1.
F1 : IP 192.168.202.1 et 192.168.244.60, DGW : 192.168.244.2

Questions : détailler le trajet et l'algo de routage pour :

- Un paquet de F2 pour F1 ; un paquet de F2 pour P
- Un paquet de F1 pour F2 ; un paquet de P pour F2

Rappel réseau : exemple de routage statique (3) :

- Questions : détailler le trajet et l'algo de routage pour :
 - Un paquet de F2 pour F1 ; un paquet de F2 pour P
 - Un paquet de F1 pour F2 ; un paquet de P pour F2
- Convention :
 - On note D (pour direct), toute décision s'appuyant sur le fait que la destination est directement joignable (routeur = 0.0.0.0)
 - On note DGW (routeur par défaut) toute décision utilisant l'entrée de la table de routage définissant le routeur par défaut (destination = 0.0.0.0 et masque = 0.0.0.0)
 - On notera RS (pour route statique) tous les autres cas de figure

Algorithme de routage (faux)

- 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
 - RS : si le paquet est pour une destination pour laquelle M a une route définie, => envoyé au routeur défini dans la route
 - DGW : sinon, le paquet est envoyé à la passerelle par défaut de M

Rappel réseau : exemple de routage statique (4) :

- Questions : détailler le trajet et l'algo de routage pour :
 - Un paquet de F2 pour F1 : L'énoncé manque de précision : quelle est l'adresse de la destination ? 192.168.202.1 ? 192.168.244.60 ? qui sont les 2 IP de F1. Supposons que c'est 192.168.202.1
 - F2 -D-> F1 (sur le même réseau)
 - un paquet de F2 pour P : F2 -DGW→ F1 -D→ P
 - Un paquet de F1 pour F2 : F1 -D-> F2
 - un paquet de P pour F2 : F2 n'est pas directement relié à P
 - On envoie donc au routeur par défaut qui ne convient pas
 - Solution : ajouter une route statique dans la table de routage de P :
 - Sur P : pour aller en F2 passer par 192.168.244.60
 - Le trajet devient :
 - P -RS-> F1 -D-> F2

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

Routage: algo de routage (juste)

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

la destination est identifiée par les colonnes :

- Destination et masque

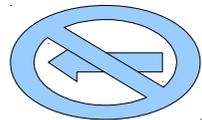
le routeur permettant de joindre une destination est identifié par la colonne « Passerelle »

la table précise aussi l'interface réseau sur laquelle envoyer le paquet : colonne Iface dans notre exemple.

Routage : exemples

destination	ligne de la table de routage	passerelle
195.221.162.235	ligne 1	direct (0.0.0.0)
172.18.0.123	ligne 2	192.168.120.102
	ligne 4	direct (0.0.0.0)
8.8.8.8	ligne 6	195.221.162.249
	ligne 1	direct (0.0.0.0)

Routage: algo de routage (juste)

Destination	Passerelle	Genmask	Indic	Iface
195.221.162.0	0.0.0.0	255.255.255.0	U	eth0 
192.168.10.0	195.221.162.249	255.255.255.0	UG	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 

destination	ligne de la table de routage	passerelle
192.168.10.17	ligne 2	195.221.162.249
	ligne 1	direct (0.0.0.0)

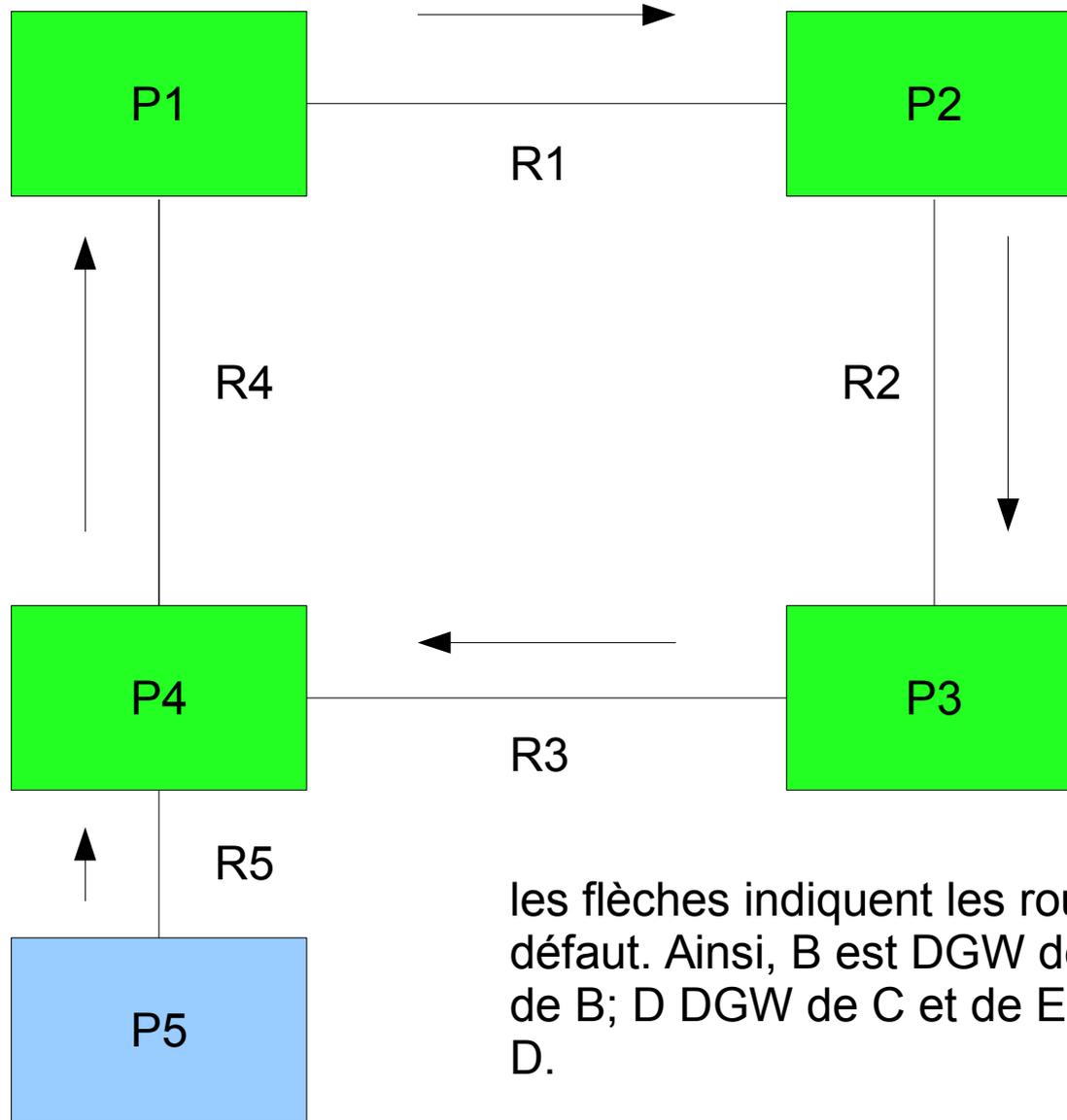
notre travail

- détaillez les trajets des paquets (retour inclus) et décisions de routage induits par le lancement des commandes ping suivantes :
 - « ping P2 » lancé sur P1
 - « ping P3 » lancé sur P1
 - « ping P1 » lancé sur P5
- est-il possible de rendre le trafic plus efficace (on suppose que, dans notre cas, le meilleur trajet entre deux hôtes est celui qui passe par le moins de routeur ce qui n'est pas toujours vrai dans le monde réel) ?

Routage : réseaux et adresses IP

- les conventions suivantes sont valables pour tous les sous-réseaux proposés:
 - R1: 192.168.10.0/24
 - R2: 192.168.20.0/24
 - Rn: 192.168.n0/24
 - P1: dernier octet à 1
 - P1 sur R1: 192.168.10.1
 - P1 sur R4: 192.168.40.1
 - P2 sur R1: 192.168.10.2
 - Pq sur Rn: 192.168.n0.q

réseau 1:

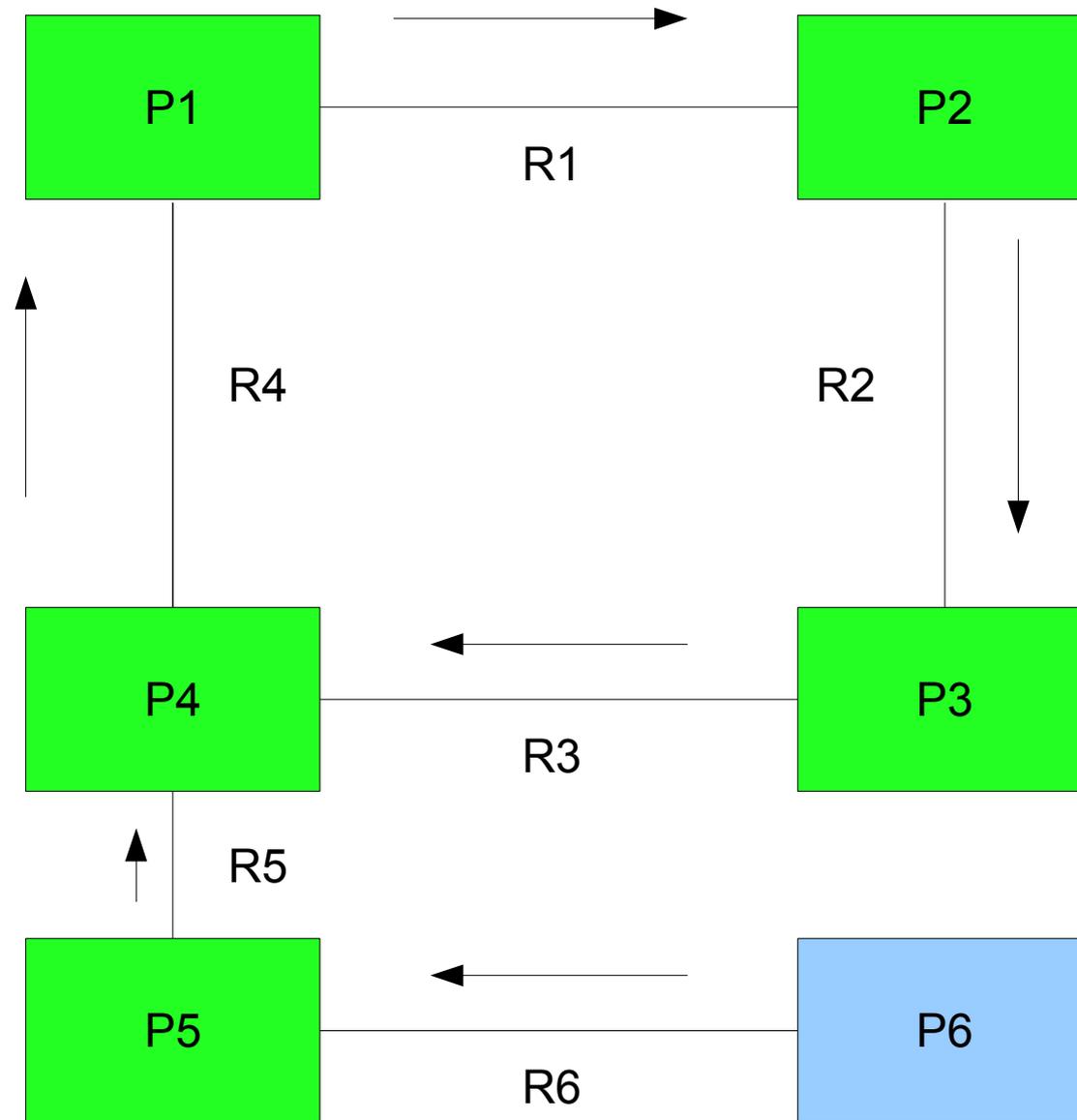


Couleurs:

- vert: routage activé
- bleu: hôtes non routeur

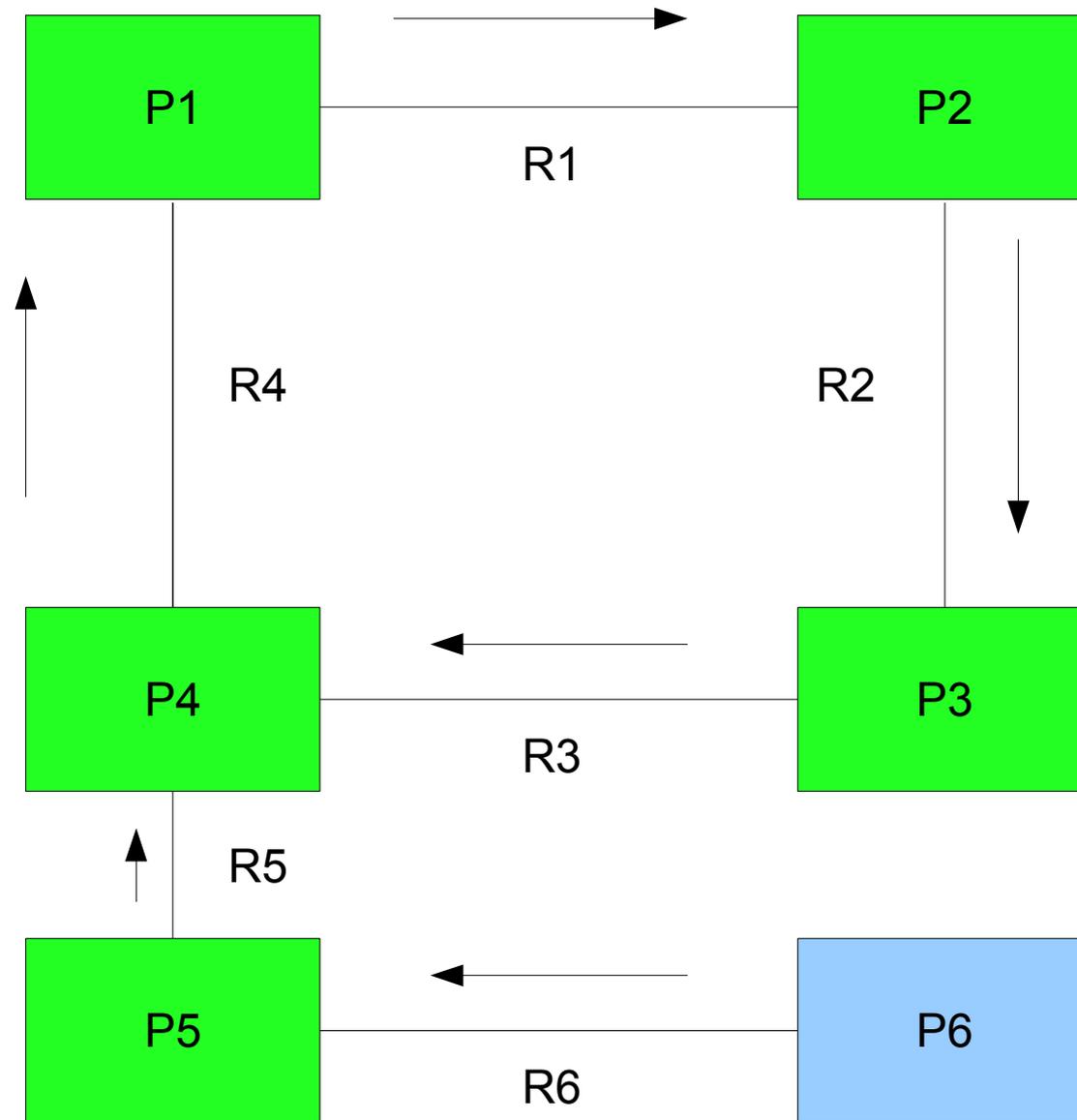
les flèches indiquent les routeurs par défaut. Ainsi, B est DGW de A; C DGW de B; D DGW de C et de E et A DGW de D.

Routeage

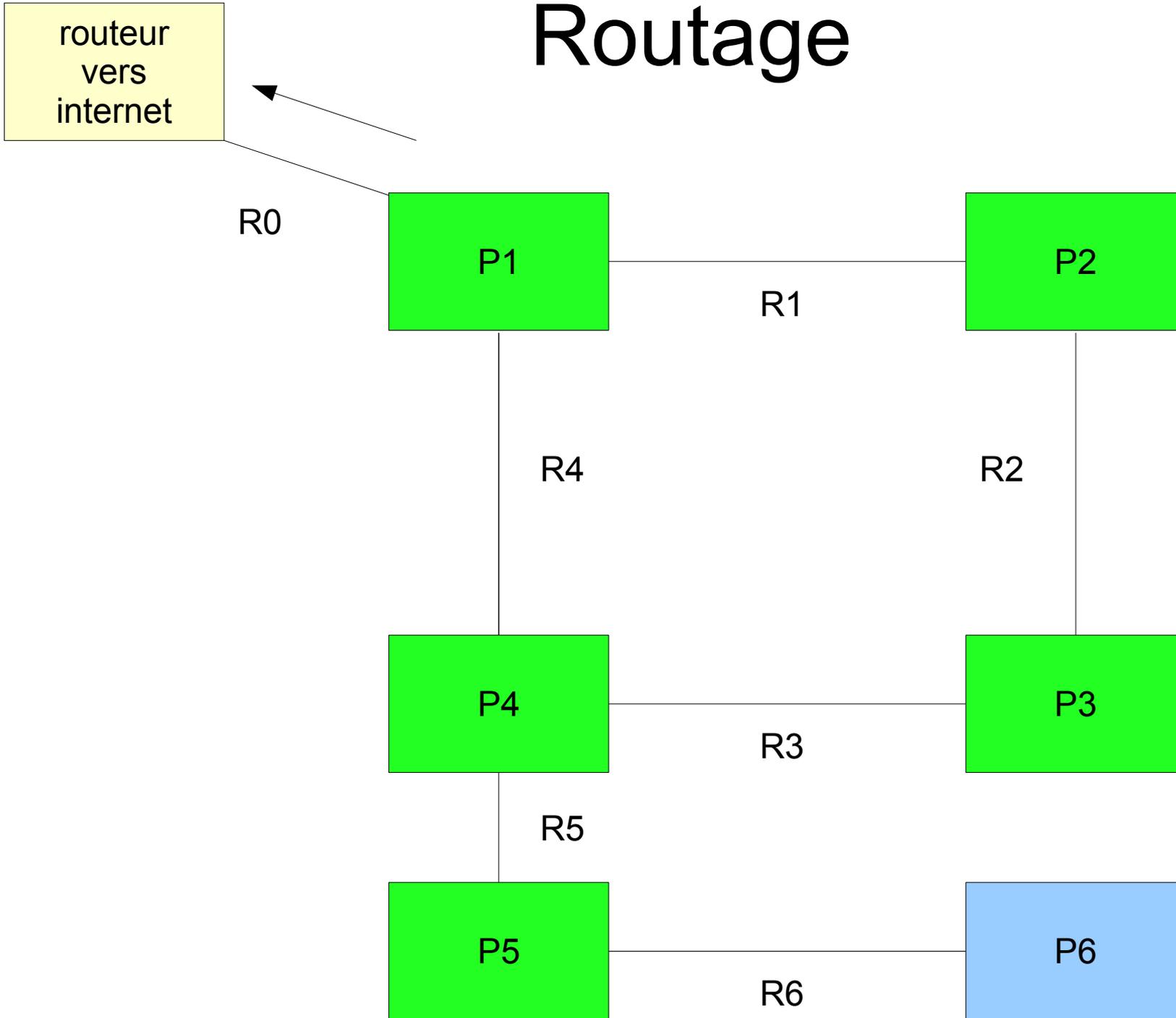


Routage (solution)

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



Routage

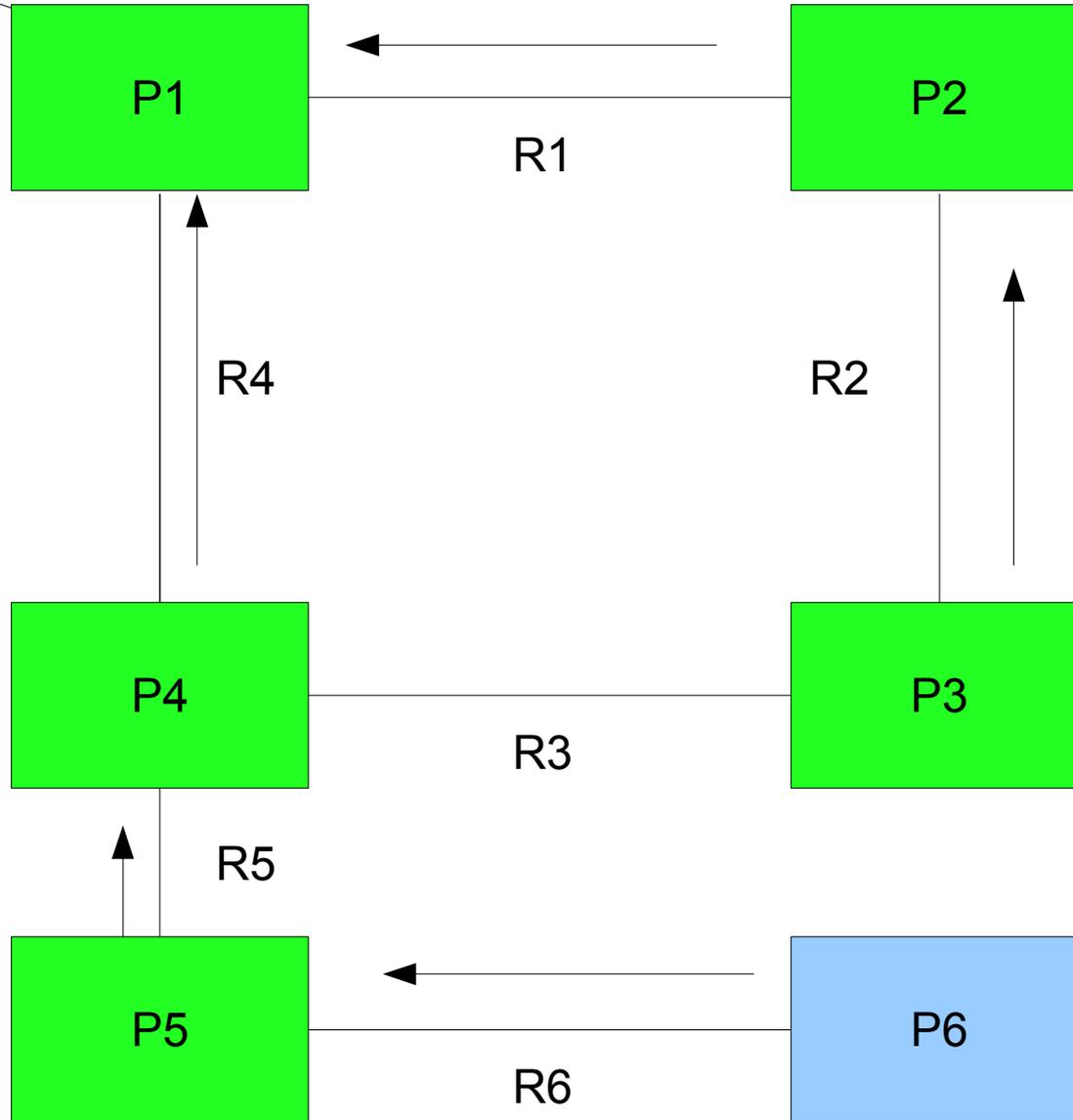


Routage

routeur
vers
internet

Sur P1 :
R0
Pour R6, par P4/R4
Pour R5, par P4/R4
Pour R3, par P4/R4
Pour R2, par P2/R1

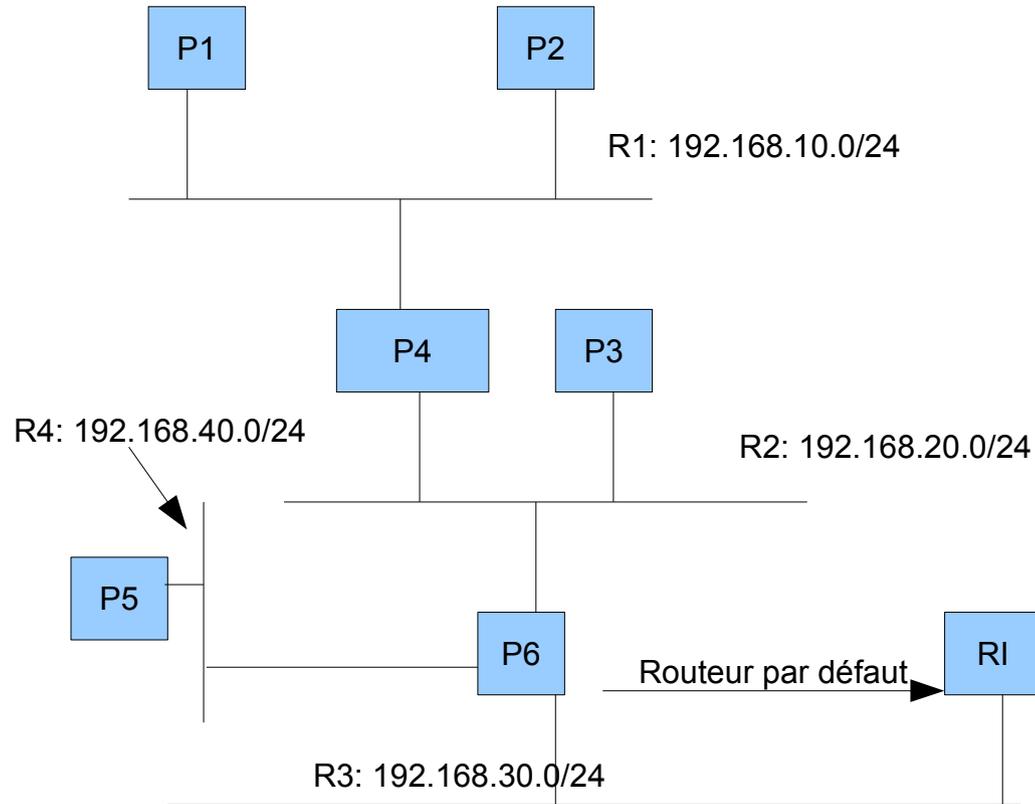
Sur P4
Pour R6, pas P5/R5



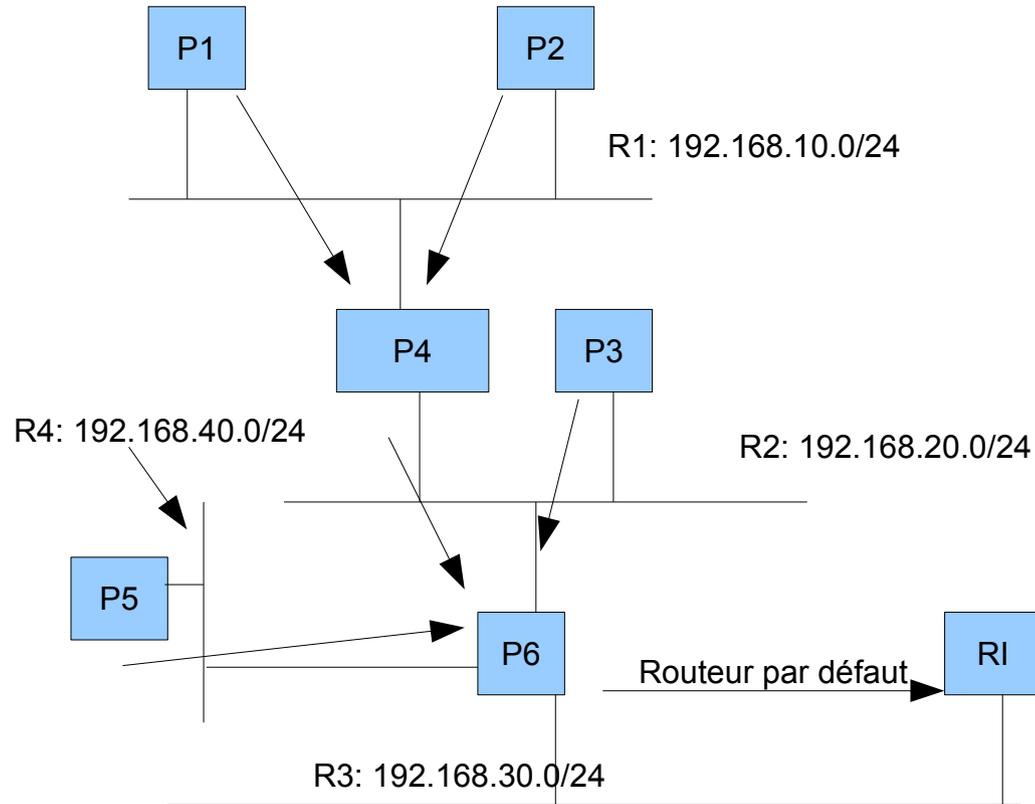
Routage : méthodologie

- sauf cas particulier, un routeur (par défaut ou de route statique), sera directement joignable
- un routeur sert à joindre des réseaux auxquels le poste n'est pas connecté directement
- on commence par choisir les routeurs par défaut des postes qui n'ont qu'un seul routeur par défaut possible : cas de P1, P2, P4 et P5 dans l'exemple suivant
- le routeur par défaut d'un poste est celui qui doit permettre de joindre internet
- quand le routeur par défaut ne convient pas, on ajoute une route statique.

Exemple



Exemple



routes statiques :

sur P6 : (obligatoire)

- pour aller à R1, passer par P4/R2

sur P3 : (pour optimiser le trajet de P3 à R1)

- pour aller à R1, passer par P4/R2