

Synthèse de routes, VLSM et CIDR

Module R4 – RT1A IUT de Caen à IFS

Sommaire

- **Synthèse de routes**
- **VLSM : Masques de sous-réseau de longueur variable**
- **Protocole de routage avec classe (*classful*) et sans classe (*classless*)**
- **CIDR : Classless InterDomain Routing**
- **Références**

Synthèse de routes

Pourquoi la synthèse de routes

- Problèmes de la taille des tables de routage :
 - Une table volumineuse consomme davantage de mémoire.
 - Plus de temps CPU pour acheminer des paquets.
- Réduire la table de routage ne peut avoir que des avantages :
 - La **synthèse de routes** permet cela tout en conservant des routes vers toutes les destinations du réseau.

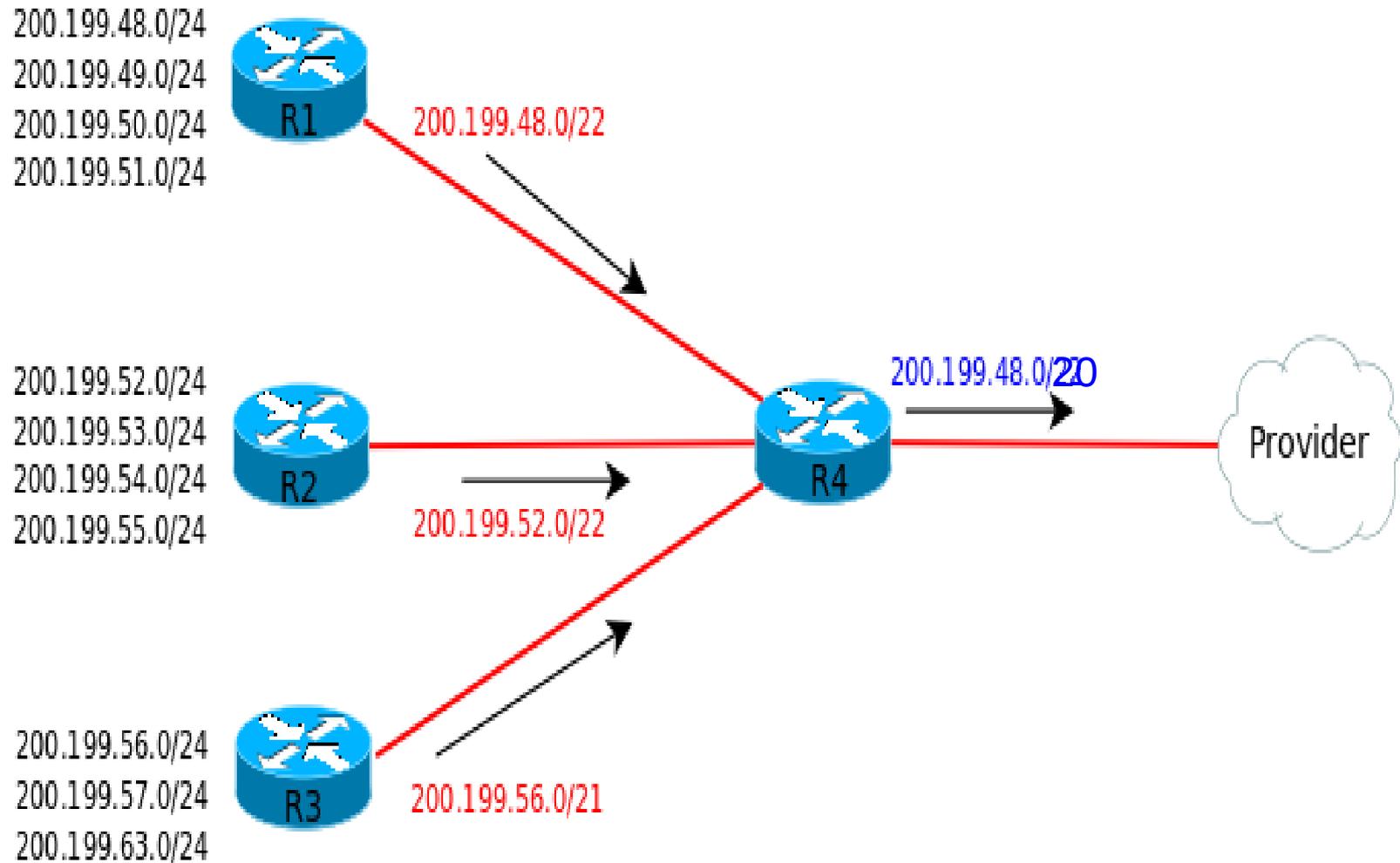
Synthèse de routes (1)

- **Avantages :**
 - **Réduction du trafic :**
 - Le routeur annonce qu'une **route résumée**.
 - **Réduction de la taille des tables de routage.**
 - Moins de temps pour acheminer les paquets .
 - **Regrouper une multitude de réseaux en une seule adresse réseau.**
 - **Convergence plus rapide :**
 - Plus besoin d'annoncer les changements d'états des sous-réseaux individuels.
 - Les changements topologiques du réseau sont cachés dans la route résumée.

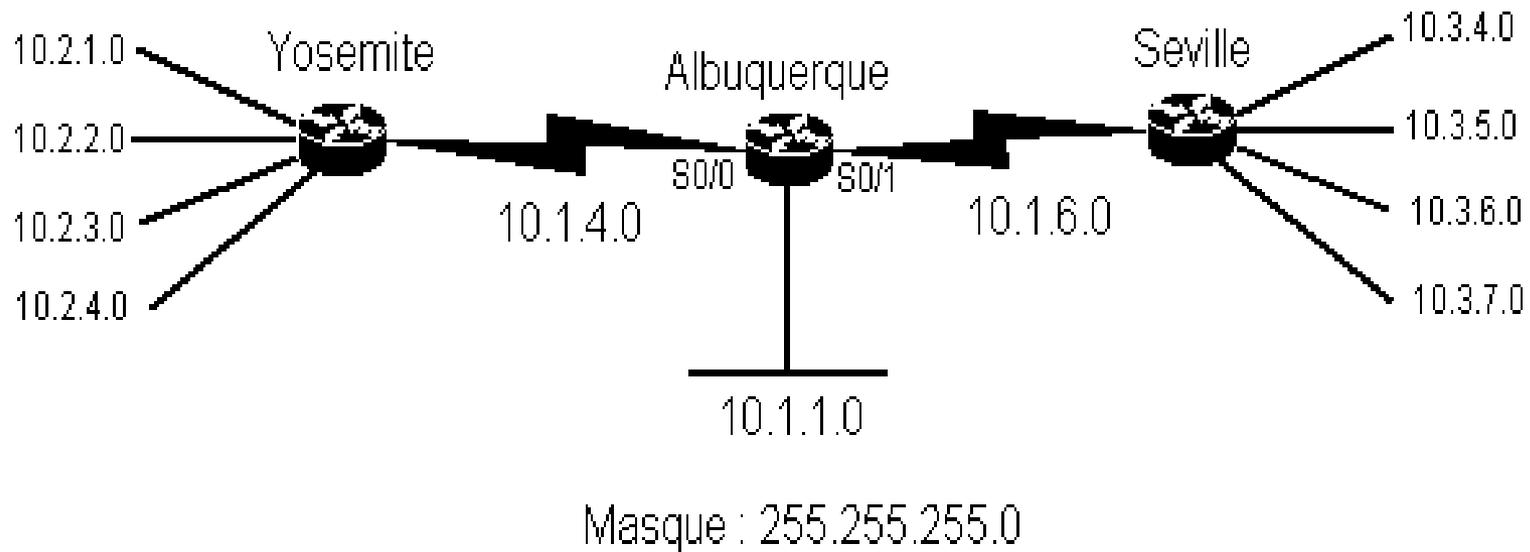
Synthèse de routes (2)

- Principe :
 - Remplacer plusieurs routes spécifiques par une seule route plus générique qui englobe toutes les adresses IP des sous-réseaux contenus dans ces routes initiales.

Synthèse de routes (3)



Exemple



- Les sous-réseaux qui partent de *Albuquerque* débutent par 10.1
- Tous ceux accessibles depuis *Yosemite* débutent par 10.2, et tous ceux accessibles via *Seville* débutent par 10.3

Table de routage de Albuquerque

- **Sans la synthèse de routes :**
 - Quatre routes vers chacun des sous-réseaux en direction de *Yosemite* et en direction de *Seville* :
 - 11 sous-réseaux ayant pour masque 255.255.255.0
- **Avec la synthèse de routes :**
 - Les routes qui partent de Yosemite et de Seville **peuvent être synthétisées** :
 - On peut remplacer chaque groupe de quatre routes par une seule route.

Table de routage de Albuquerque

- Après la synthèse de routes :
 - Albuquerque contient maintenant une route 10.2.0.0 avec un masque 255.255.0.0 (notation préfixée /16) :
 - Aucun des sous-réseaux initiaux commençant par 10.2 n'y figure.
 - Idem pour la route 10.3.0.0/16
 - Plus d'un masque de sous-réseau est utilisé sur le réseau (emploi de l'expression "variably subnetted") :
 - En raison de la synthèse, Albuquerque connaît des routes /24 ainsi que des routes /16 sur le réseau 10.0.0.0
 - Support de VLMS (Masques de sous-réseau de longueur variable).

Table de routage de Yosemite

- **Après la synthèse de routes :**
 - Les quatre routes 10.2 apparaissent toujours :
 - **Il s'agit de sous-réseaux directement connectés** (directly connected)
 - On ne voit plus les quatre routes 10.3, mais à la place on trouve la route résumée :
 - **Albuquerque n'annonce que la route résumée 10.3.0.0/16.**
 - Ajout d'une **route 10.2.0.0/16** avec comme interface de sortie **NULL0** :
 - Les paquets destinés à d'autres adresses 10.2 qui sont en dehors des quatre sous-réseaux 10.2 existants doivent être supprimés car ils correspondent à la route nulle.
 - Le protocole de routage **EIGRP** a ajouté cette route en réaction à la synthèse de route (commande **ip summary-address**).

Principe de synthèse de routes

- La route résumée 10.2.0.0/16 contient de nombreuses adresses qui **ne se trouvent pas** dans ces sous-réseaux (exemple, le sous-réseau 10.2.5.0/24).
- Il peut être donc utile de déterminer à la place **la meilleure synthèse** (la route résumée **la plus précise**).

Principe de synthèse de routes

- **Processus générique pour la synthèse de routes :**
 1. Identifier la partie commune dans les numéros de sous-réseaux, en procédant de la gauche vers la droite.
 2. Le numéro de sous-réseau de la route résumée correspond à la partie commune des numéros de sous-réseaux qu'elle englobe, et des 0 binaires dans le reste.
 3. Le masque de sous-réseau de la route résumée contient des 1 binaires dans la partie commune et des 0 binaires dans le reste.
 4. Vérifier que la synthèse inclut toutes les adresses de ces sous-réseaux.
- **Remarque :** La synthèse de route résultante peut être différente selon que l'on travaille au niveau octet ou au niveau bit.

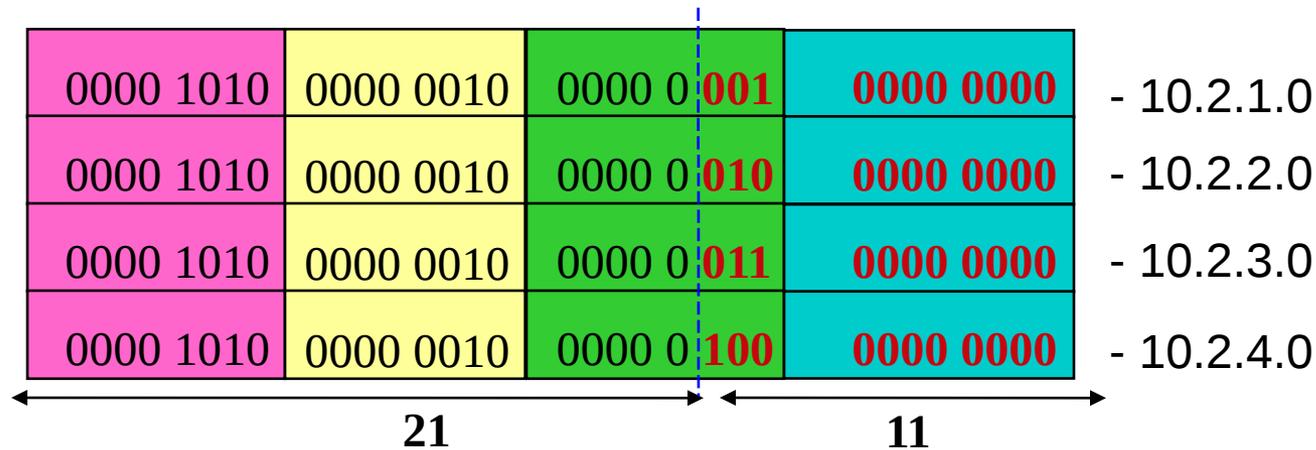
Exemple de meilleure synthèse sur Seville

0000 1010	0000 0011	0000 0100	0000 0000	- 10.3.4.0
0000 1010	0000 0011	0000 0101	0000 0000	- 10.3.5.0
0000 1010	0000 0011	0000 0110	0000 0000	- 10.3.6.0
0000 1010	0000 0011	0000 0111	0000 0000	- 10.3.7.0

←
22
|
10
→

- Partie commune des 4 sous-réseaux est constituée de 22 bits
- (1) Numéro de sous-réseau pour la route résumée est :
- 0000 1010 0000 0011 0000 0100 0000 0000 – 10.3.4.0
- (1) Masque de la route résumée est :
- 1111 1111 1111 1111 1111 1100 0000 0000 – 255.255.252.0
- La 1ere @ip valide est 10.3.4.1 et la dernière @ip valide est 10.3.7.254

Exemple de meilleure synthèse sur Yosemite



- Partie commune des 4 sous-réseaux est constituée de 21 bits

(1) Numéro de sous-réseau pour la route résumée est :
 0000 1010 0000 0010 0000 0 | 000 0000 0000 – 10.2.0.0

(1) Masque de la route résumée est :
 1111 1111 1111 1111 1111 1 | 000 0000 0000 – 255.255.248.0

- La 1ere @ip valide est 10.2.0.1 et la dernière @ip valide est 10.2.7.254

Variable Length Subnet Masks

Pourquoi VLSM ?

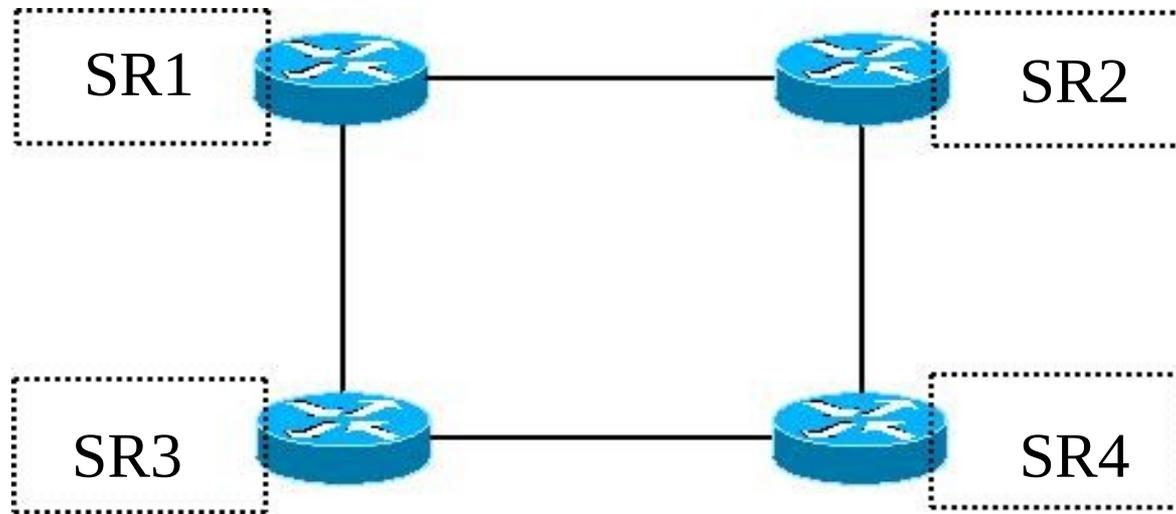
- VLSM a été développé pour les raisons suivantes:
 - Pénurie d'adresses IPv4
 - En 1992, la moitié des adresses de la classe B étaient allouées (IETF 92)
- Pour pallier au manque d'adresses IPv4:
 - **Subnetting** en 85,
 - **Variable length subnet Masks** (RFC 1009 en 1987),
 - **Classless Inter Domain Routing** (RFCs 1517, 1518, 1519 et 1520 en 1993)
 - **Network address Translation** (NAT)
- Solution ultime: IPv6 (sur 128 bits):
 - 340,283,366,920,938,463,374,607,431,768,211,456 adresses.

Masques de sous-réseaux de longueur variable

- Permet la subdivision d'une adresse de sous-réseaux en sous-réseaux :
 - Plusieurs masques de sous-réseaux.
 - Obligation d'utiliser un protocole de routage supportant VLSM.
- Permet de réduire le nombre d'@IP gaspillées dans chaque sous-réseau:
 - Avec VLSM, certains réseaux peuvent être plus petits et d'autres plus grands, ce qui limite le gaspillage d'adresses IP.

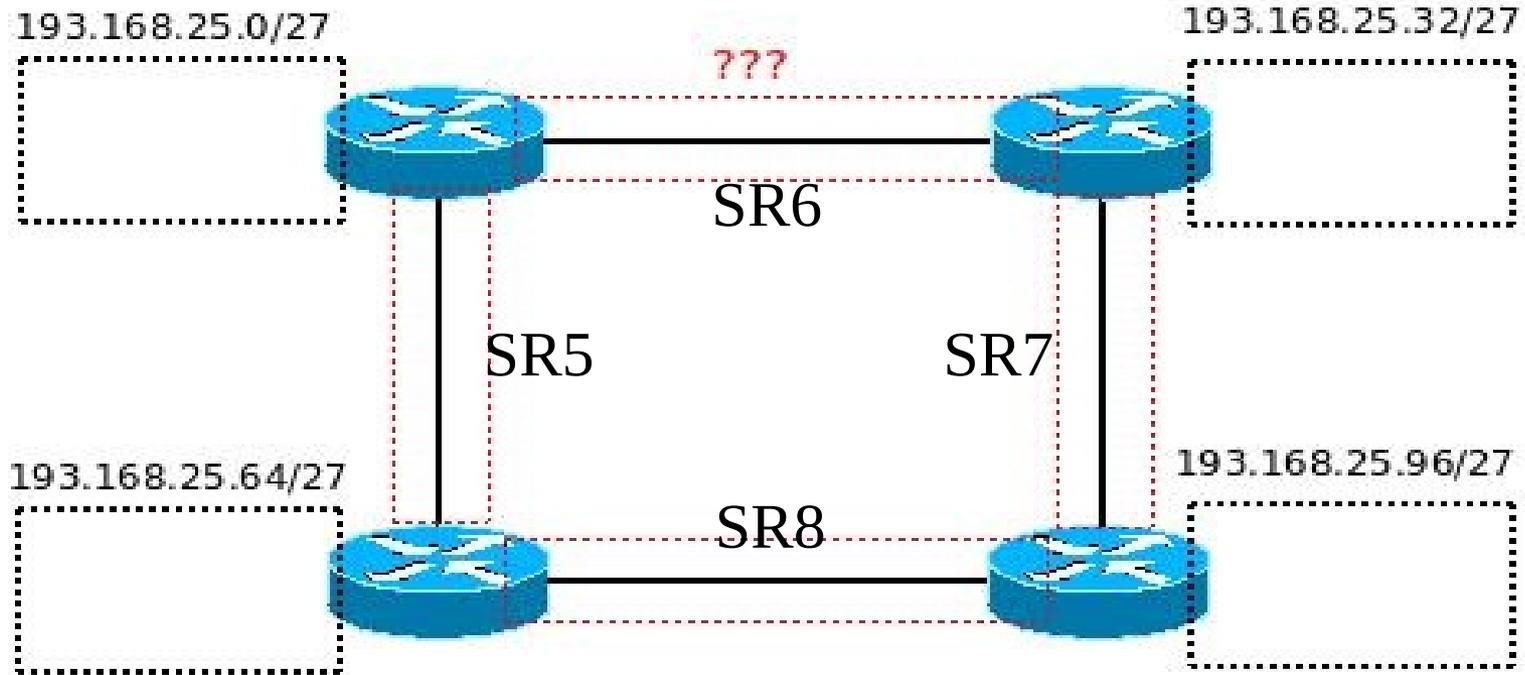
Sans VLSM (1)

Exemple: Une entreprise ayant une adresse 193.168.25.0/24 veut créer 4 sous-réseaux de 30 machines.



30 machines → **5 bits** id_machine,
3 bits id_sous-réseaux → 8 sous-réseaux disponibles.

Sans VLSM (2)



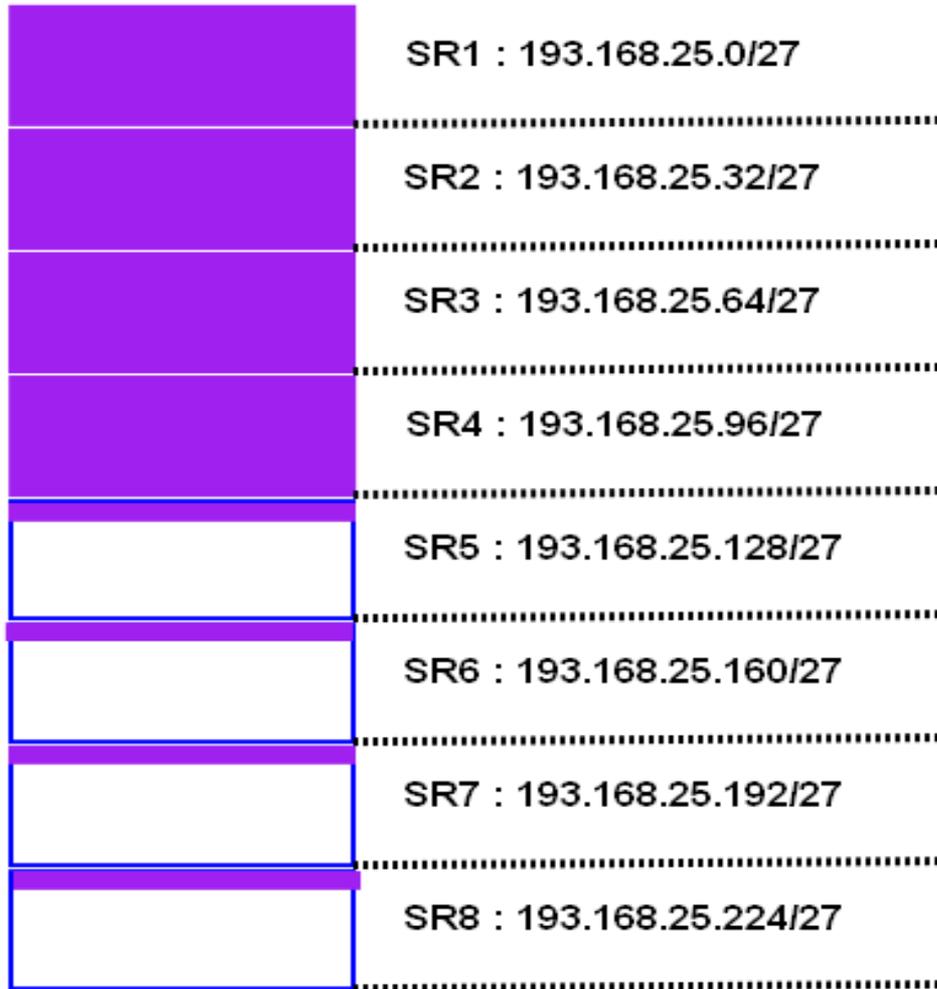
On a besoin de 4 sous-réseaux supplémentaires

Sans VLSM (3)

Légende

occupé

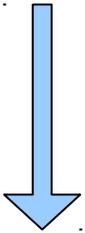
gaspillé



Avec VLSM (1)

On re-divise l'adresse réseau 193.168.25.128/27 en sous-réseaux pouvant contenir 2 machines. → Masque : 255.255.255.252 (/30)

193.168.25.128/27



193.168.25.100XXX00

{193.168.25.10000000 (128) /30 } : SR5

{193.168.25.10000100 (132) /30 } : SR6

{193.168.25.10001000 (136) /30 } : SR7

{193.168.25.10001100 (140) /30 }

{193.168.25.10010000 (144) /30 } : SR8

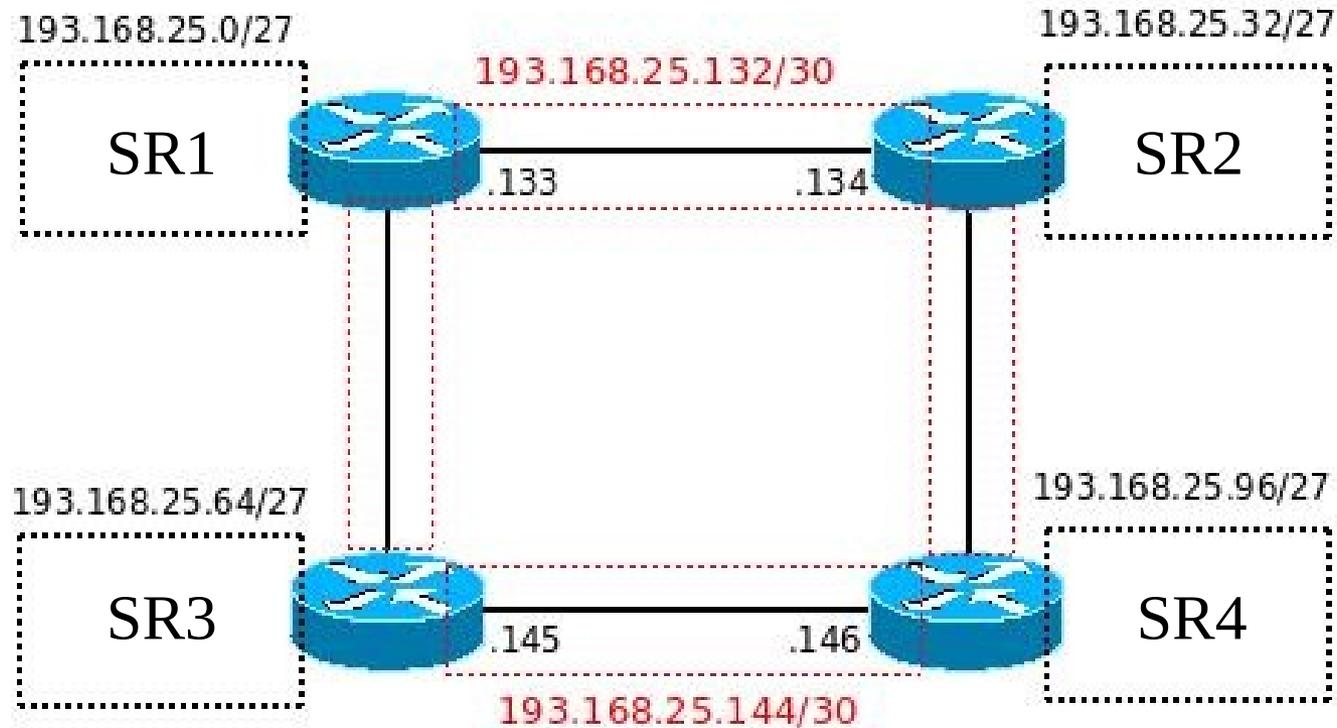
{193.168.25.10010100 (148) /30 }

{193.168.25.10011000 (152) /30 }

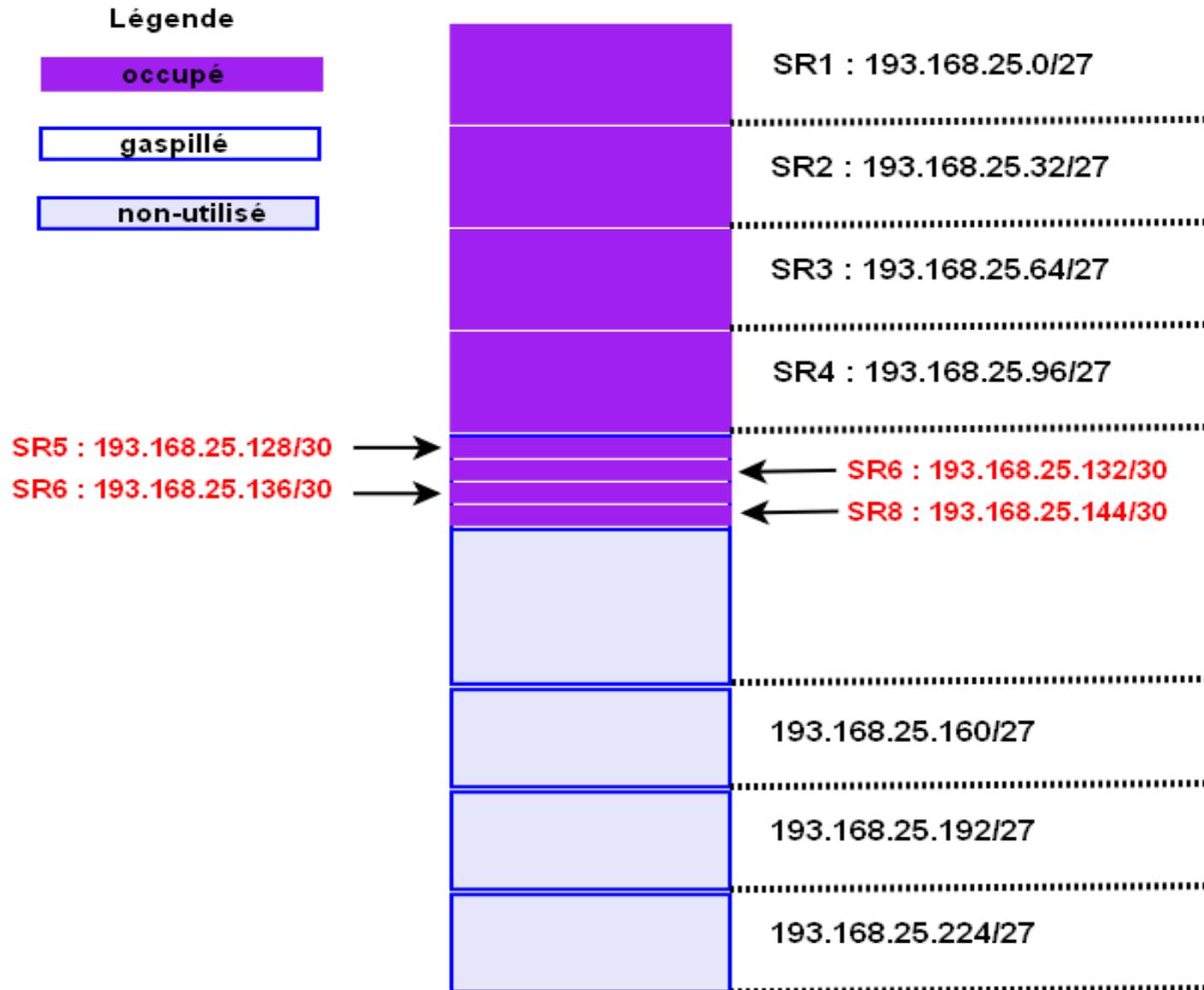
{193.168.25.10011100 (156) /30 }

Sur 8 sous-réseaux disponibles ----> 4 vont être utilisés.

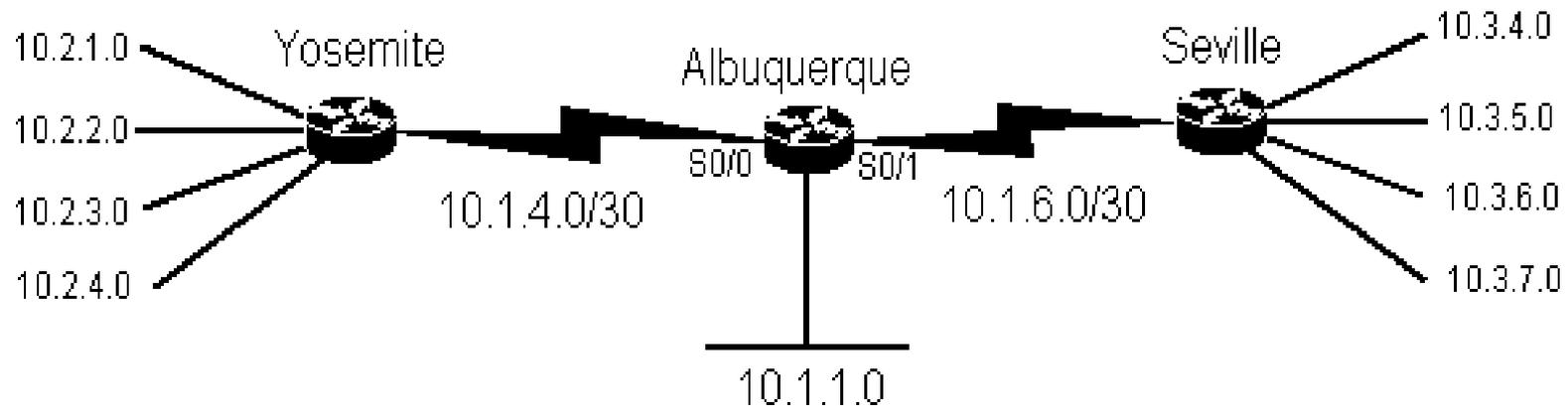
Avec VLSM (2)



Avec VLSM (3)



Exemple



Masque : 255.255.255.0 sauf là où spécifié

- Sur l'exemple, deux masques sont utilisés :
 - Le masque /30 (255.255.255.252) sur les liaisons point à point,
 - Le masque /24 (255.255.255.0) appliqué aux sous-réseaux du LAN.
- Lors de l'utilisation de VLSM, faire très attention à ce que les sous-réseaux **ne se chevauchent pas** !!

Table de routage de Albuquerque

- Après la synthèse de routes, et avec deux masques différents :
 - Albuquerque maintenant connaît les préfixes /24 et /30
 - /24 correspond à 255.255.255.0
 - /30 correspond à 255.255.252.0
 - Albuquerque découvre aussi le masque 255.255.0.0 (préfixé /16) à travers les routes résumées annoncées par Yosemite et Seville.
 - Albuquerque utilise donc un **protocole de routage qui doit supporter VLSM** :
 - Ce protocole doit non seulement communiquer, lors de l'annonce d'une route, **le numéro de sous-réseau** mais aussi **le masque associé**.

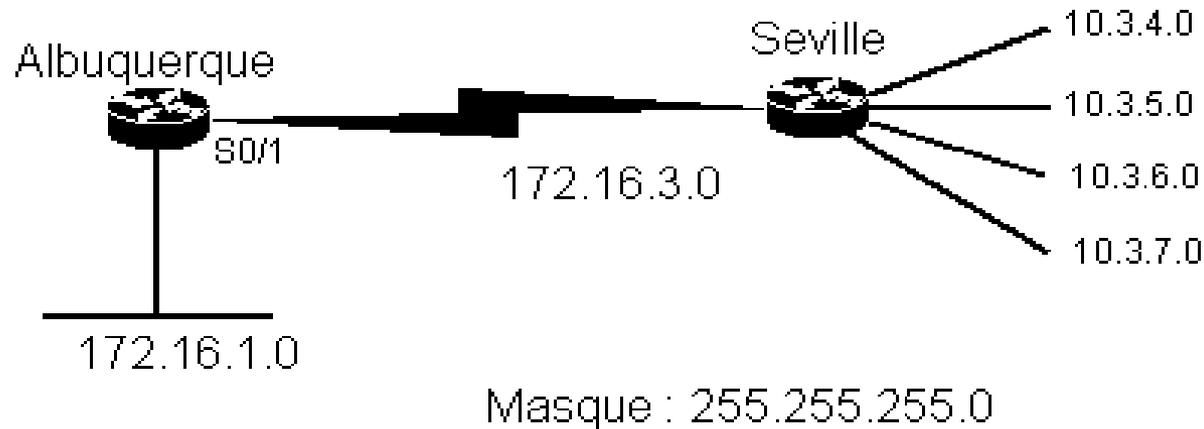
Support de VLSM

Protocole de routage	Supporte VLSM	Envoie Masque dans les mise à jour de routage	Supporte la synthèse de routes
RIP-1	NON	NON	NON
IGRP	NON	NON	NON
RIP-2	OUI	OUI	OUI
EIGRP	OUI	OUI	OUI
OSPF	OUI	OUI	OUI

Protocoles de routage avec et sans classe

- **En classful (avec classe) :**
 - Il faut prendre en compte la classe de réseau (A, B ou C) à laquelle appartient un sous-réseau.
 - Le masque de sous-réseau n'est pas envoyé avec le numéro de sous-réseau dans la mise à jour de routage.
 - Le masque par défaut est obligatoire.
- **En classless (sans classe) :**
 - Le masque de sous-réseau est transmis avec le numéro de sous-réseau dans la mise à jour de routage.
 - Support de VLSM et la synthèse de routes.

Exemple



- Le protocole mis en œuvre est RIP-1
- Seville annonce uniquement le réseau de la classe A 10.0.0.0 tout entier
- Lorsque Albuquerque reçoit sur S0/1 la mise à jour de Seville, **il suppose que le masque appliqué avec 10.0.0.0 est le masque par défaut** pour un réseau de la classe A, c-a-d 255.0.0.0.

Protocoles de routage avec classe

- Lorsqu'une mise à jour de routage arrive sur une interface du routeur :
 - L'interface appartient à la même partie réseau :
 - Le routeur applique à cette mise à jour le masque de sous-réseau configuré au niveau de cette interface.
 - L'interface n'appartient pas à la même partie réseau :
 - Le routeur applique le masque de sous-réseau par défaut.
 - En résumé, le routeur examine le numéro de sous-réseau reçu et "**devine**" le masque approprié.
 - S'attend à ce qu'un même masque de sous-réseau de longueur statique (SLSM) soit appliqué à travers tout le réseau.

Synthèse automatique : sous-réseaux dis-contigus

- Le terme **dis-contigu** qualifie un réseau de classe A, B ou C pour lequel les routes vers au moins un sous-réseau de ce réseau passent par des sous-réseaux d'un réseau différent.

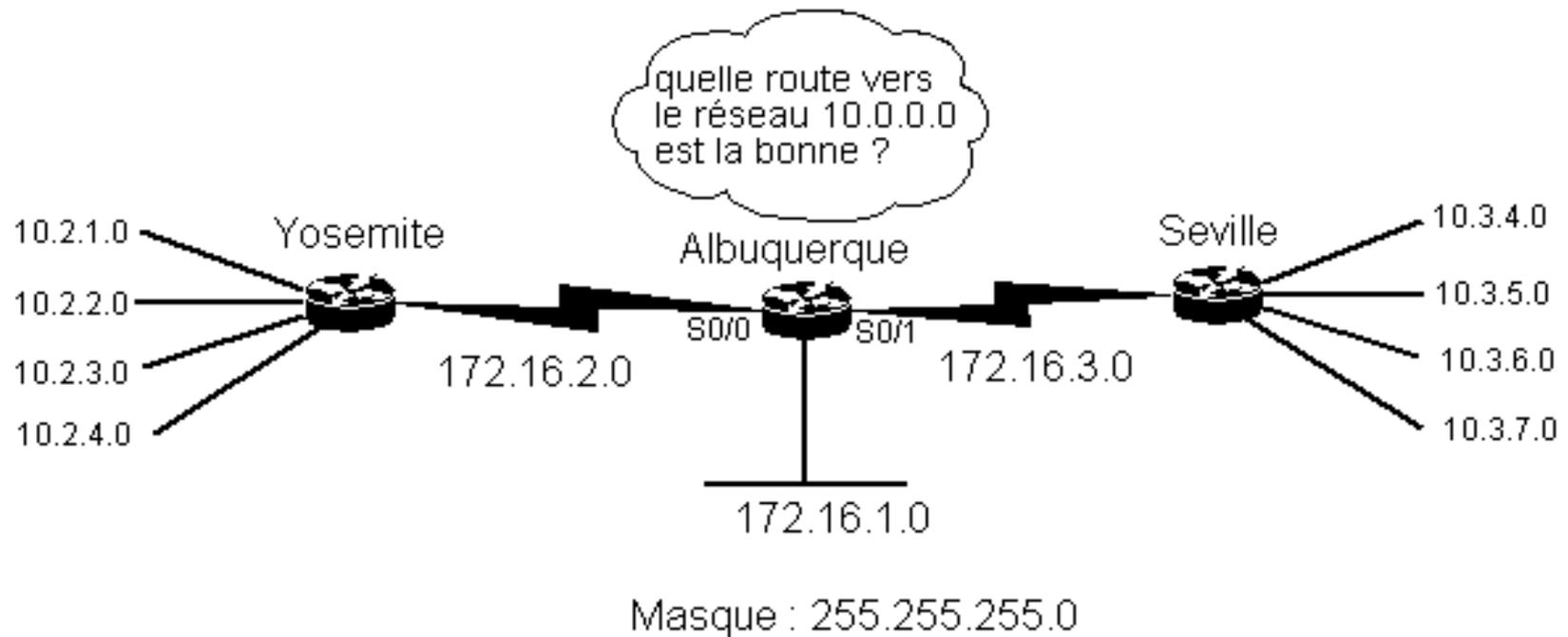


Table de routage de Albuquerque

- Albuquerque utilise le protocole de routage RIP-1 avec une synthèse automatique :
 - **Albuquerque contient maintenant deux routes vers le réseau 10.0.0.0.**
 - Albuquerque applique une répartition du trafic sur deux routes qui sont de même coût vers la même destination : 10.0.0.0.
 - Partage de charge incohérent : aucune application ne pourrait fonctionner correctement.

Synthèse automatique : sous-réseaux dis-contigus

- Conclusion : Les protocoles de routage avec classe ne supporte pas une conception avec des sous-réseaux dis-contigus.
- Conséquence : Migrer vers un protocole de routage sans classe pour résoudre le problème.

Protocoles de routage sans classe

- Configuration manuelle de la synthèse de routes.
- Le masque de sous-réseau est envoyé dans la mise à jour de routage.
- Ceci permet donc l'utilisation de VLSM et la mise en place de la synthèse de routes.

CIDR - Introduction

- CIDR = Classless Inter Domain Routing
- Défini en 1993 dans les RFC 1517, 1518, 1519 et 1520.
- Possible grâce aux nouveaux protocoles de routage qui incluent les masques dans les mises à jour de routage.
- Tous les protocoles de routage IP sont *classless* sauf RIP-1 et IGRP.

CIDR – Avantages

- **Améliorer l'allocation des adresses IPv4:**
 - Obtenir un nombre d'adresse IP en fonction des besoins (Plus de classe).
 - Fournir au client la plage d'adresse IP la plus précise possible.
- **Alléger les tables de routage:**
 - Routeur moins gourmand en mémoire et en CPU.
 - Processus de routage plus efficace
 - Recherche dans la table
 - Mise à jour.

CIDR - Principe

- CIDR **supprime** l'usage des classes A, B et C au profit d'un **préfixe réseau** (notation **/n**).
- **Définit la notion de Supernet**: une seule route désigne un ensemble de routes.
 - ◆ Les adresses :
 - 192.136.16.0/24
 - 192.136.17.0/24
 - 192.136.18.0/24
 - 192.136.19.0/24
 - ◆ Peuvent être regroupés en :
 - Notation par **préfixe** : 192.136.16.0/22
 - Notation par **masque** : 192.136.16.0 netmask 255.255.252.0
- Le routage est basé sur l'algorithme de "**la correspondance la plus longue**".

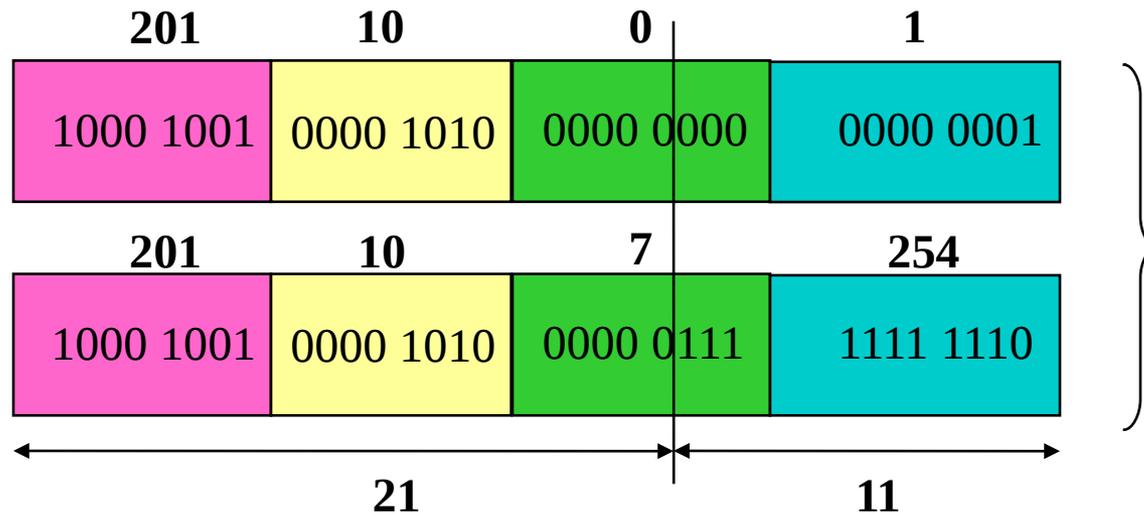
CIDR - Exemple

- Une entreprise a besoin de 2000 adresses :
 - ◆ **11 bits** nécessaires pour l'id_machine.
 - ◆ @ réseaux allouées : de 201.10.0.0/24 à 201.10.7.0/24 :
 - ◆ @ réseau agrégée : **201.10.0.0 / 21**

Une entreprise a besoin de 4000 adresses :

- ◆ **12 bits** nécessaires pour l'id_machine.
- ◆ @ réseaux allouées : de 194.24.16.0 à 194.24.31.0
- ◆ @ réseau agrégée : **194.24.16.0/ 20**

CIDR : Adressage (1/4)



201.10.0.0/21 : 201.10.0.1 – 201.10.0.254
201.10.1.1 – 201.10.1.254
.....
201.10.7.1 – 201.10.7.254

1 réseau de classe C : 254 @

8 blocs de classe C : 254 * 8 = 2032 @

CIDR : Adressage (2/4)

- Un ISP disposant d'un **bloc d'adresses 206.0.64.0/18**
 - Un client demande 800 adresses
 - Soit assigner une classe B (et perdre environ 64700 @)
 - Soit assigner 4 classes C (et devoir rentrer quatre routes dans ses tables de routage)
- **Avec CIDR :**
 - Assigner au client le bloc **206.0.68.0/22** : soit 1024 adresses

CIDR : Adressage (3/4)

ISP's Block:	<u>11001110.00000000.01000000.00000000</u>	206.0.64.0/18
Client Block:	<u>11001110.00000000.01000100.00000000</u>	206.0.68.0/22
Class C #0:	<u>11001110.00000000.01000100</u> .00000000	206.0.68.0/24
Class C #1:	<u>11001110.00000000.01000101</u> .00000000	206.0.69.0/24
Class C #2:	<u>11001110.00000000.01000110</u> .00000000	206.0.70.0/24
Class C #3:	<u>11001110.00000000.01000111</u> .00000000	206.0.71.0/24

Source: <http://ariane.mpl.ird.fr/textes/routage/chap4.htm>

CIDR : Adressage (4/4)

- Utilisation du prefix routing :

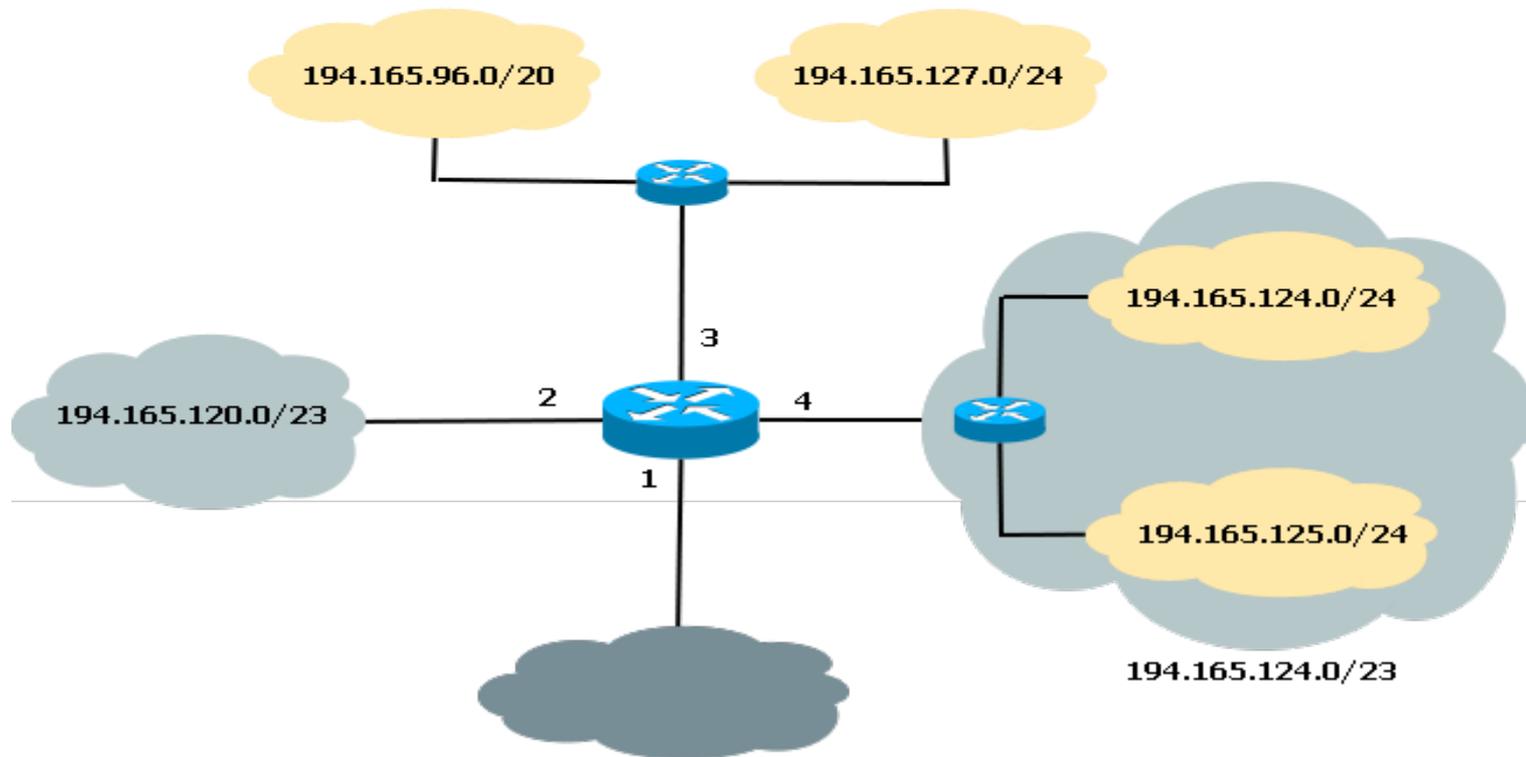
Préfixe	Masque	Utilisation
<i>/27</i>	255.255.255.224	12% classe C (30 hôtes)
<i>/26</i>	255.255.255.192	24% classe C (62 hôtes)
<i>/25</i>	255.255.255.128	50% classe C (126 hôtes)
<i>/23</i>	255.255.254.0	2 classes C (510 hôtes)

Routage CIDR (1)

- Principe de l'algorithme de routage :
 - Quand un paquet est reçu, son adresse IP de destination est récupérée
 - Toutes les entrées sont balayées en appliquant le masque jusqu'à obtention d'une correspondance
 - Si plusieurs entrées correspondent (masques différents), on choisit la plus spécifique (**celle avec le masque le plus long**)

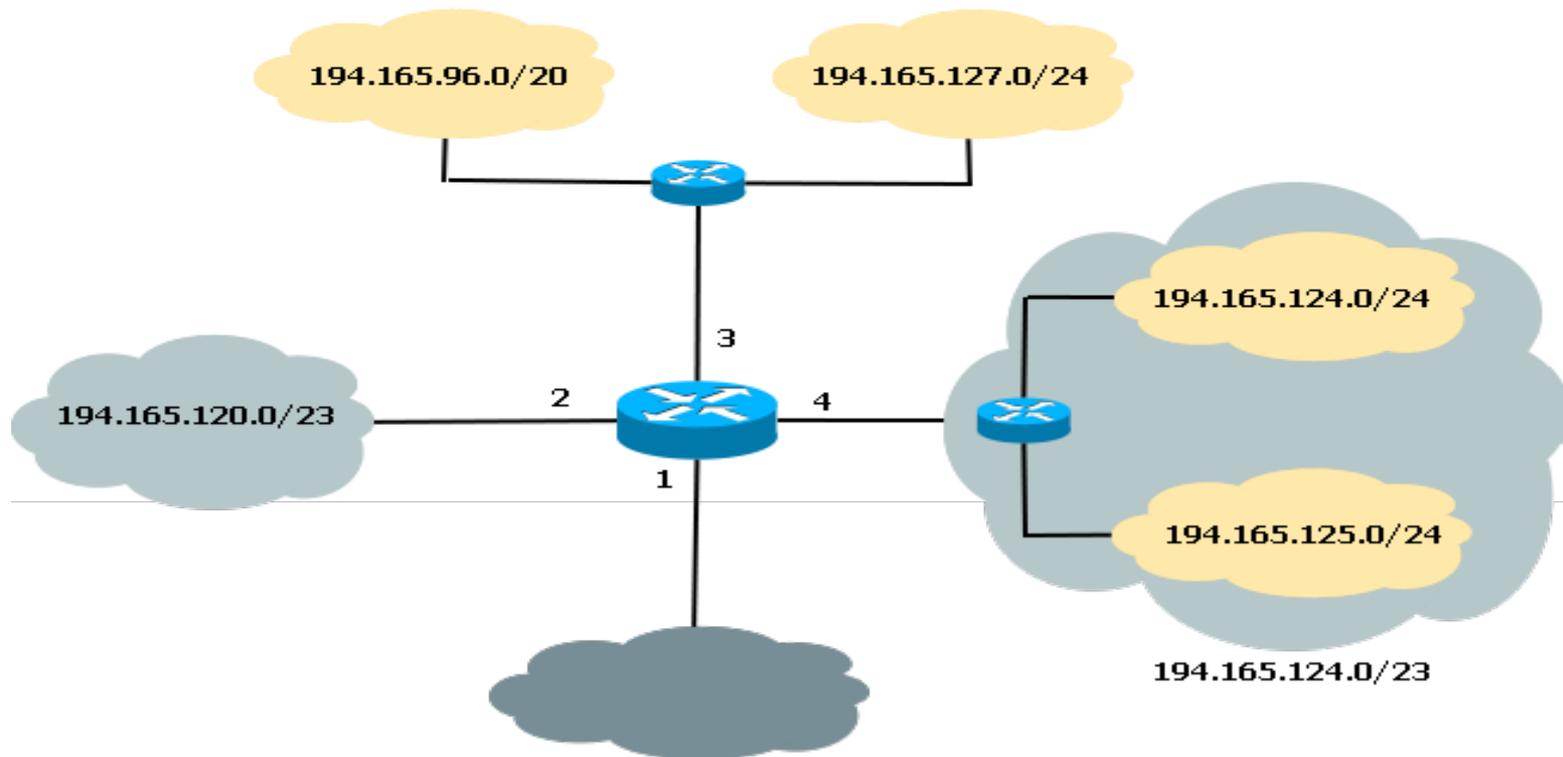
Routage CIDR (2)

	destination	masque	interface
194.165.99.9 ?	194.165.96.0	/20	3
194.165.98.0	194.165.120.0	/23	2
194.165.98.0	194.165.124.0	/23	4
194.165.99.0	194.165.127.0	/24	3
0.0.0.0	default (0.0.0.0)	/0	1



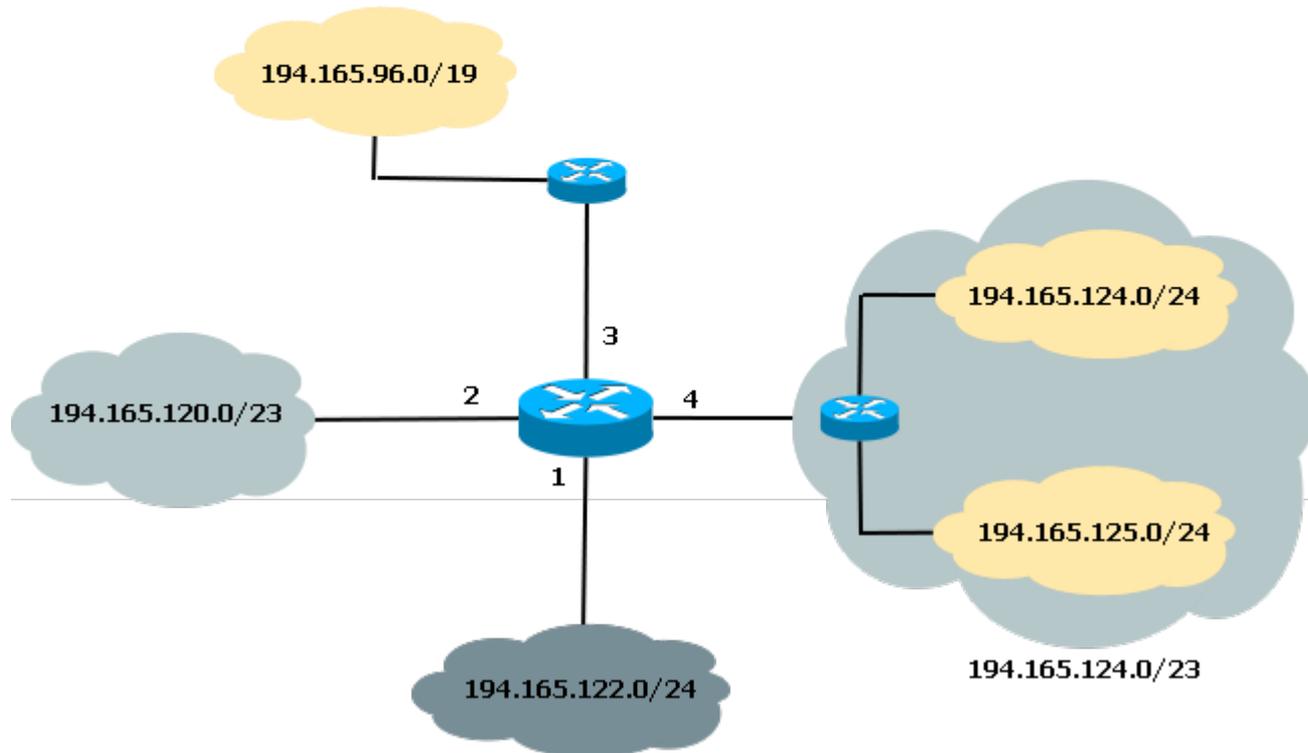
Routage CIDR (3)

	destination	masque	interface
194.165.126.9 ?	194.165.96.0	/20	3
194.165.112.0	194.165.120.0	/23	2
194.165.126.0	194.165.124.0	/23	4
194.165.126.0	194.165.127.0	/24	3
0.0.0.0	default (0.0.0.0)	/0	1



Routage CIDR (4)

	destination	masque	interface
194.165.122.9 ?			
194.165.96.0	194.165.96.0	/19	3
194.165.122.0	194.165.120.0	/23	2
194.165.122.0	194.165.124.0	/23	4
194.165.122.0	194.165.122.0	/24	1
0.0.0.0	default (0.0.0.0)	/0	1



CIDR : Cas pratique (1/4)

- Une organisation à besoin de 2010 IP publiques
 - Une classe C : 254 hôtes
 - Une classe B : 65534 hôtes
 - Nécessité de faire soit du subnetting soit du **supernetting**
- On prend 8 classes C consécutives
 - Pour avoir 8 sous-réseaux, il faut 3 bits
- Soit l'adresse suivante : 200.100.48.0
 - On empreinte 3 bits à la partie réseau
 - nouveau masque : 255.255.248.0

CIDR : Cas pratique (2/4)

- Avec 3 bits, les possibilités sont les suivantes :

200_d	100_d	00110_b	000	00000000
			001	00000000
			010	00000000
			011	00000000
			100	00000000
			101	00000000
			110	00000000
			111	00000000

CIDR : Cas pratique (2/3)

- On a donc les 8 adresses réseaux suivantes :
 - 200.100.48.0
 - 200.100.49.0
 - 200.100.50.0
 - 200.100.51.0
 - 200.100.52.0
 - 200.100.53.0
 - 200.100.54.0
 - 200.100.55.0
- Les 8 adresses de classe C sont reconnues au niveau de l'ISP par une seule adresse :
 - 200.100.48.0
 - Avec un masque de 255.255.248.0
 - On parle de prefix-mask de /21

CIDR : cas pratique (3/3)

**Table de routage de l'ISP
200.100.48.0/21**

Table de routage de l'organisation

200.100.48.0	255.255.255.0
200.100.49.0	255.255.255.0
200.100.50.0	255.255.255.0
200.100.51.0	255.255.255.0
200.100.52.0	255.255.255.0
200.100.53.0	255.255.255.0
200.100.54.0	255.255.255.0
200.100.55.0	255.255.255.0

Références

- **Cours CCNA Cisco** (www.labocisco.com)
- **Book : CCNA ICND, Exam Certification Guide**
- **Livre Réseaux et télécoms (de Claude Servin)**
- **Calculatrice VLSM : <http://www.vlsm-calc.net/>**

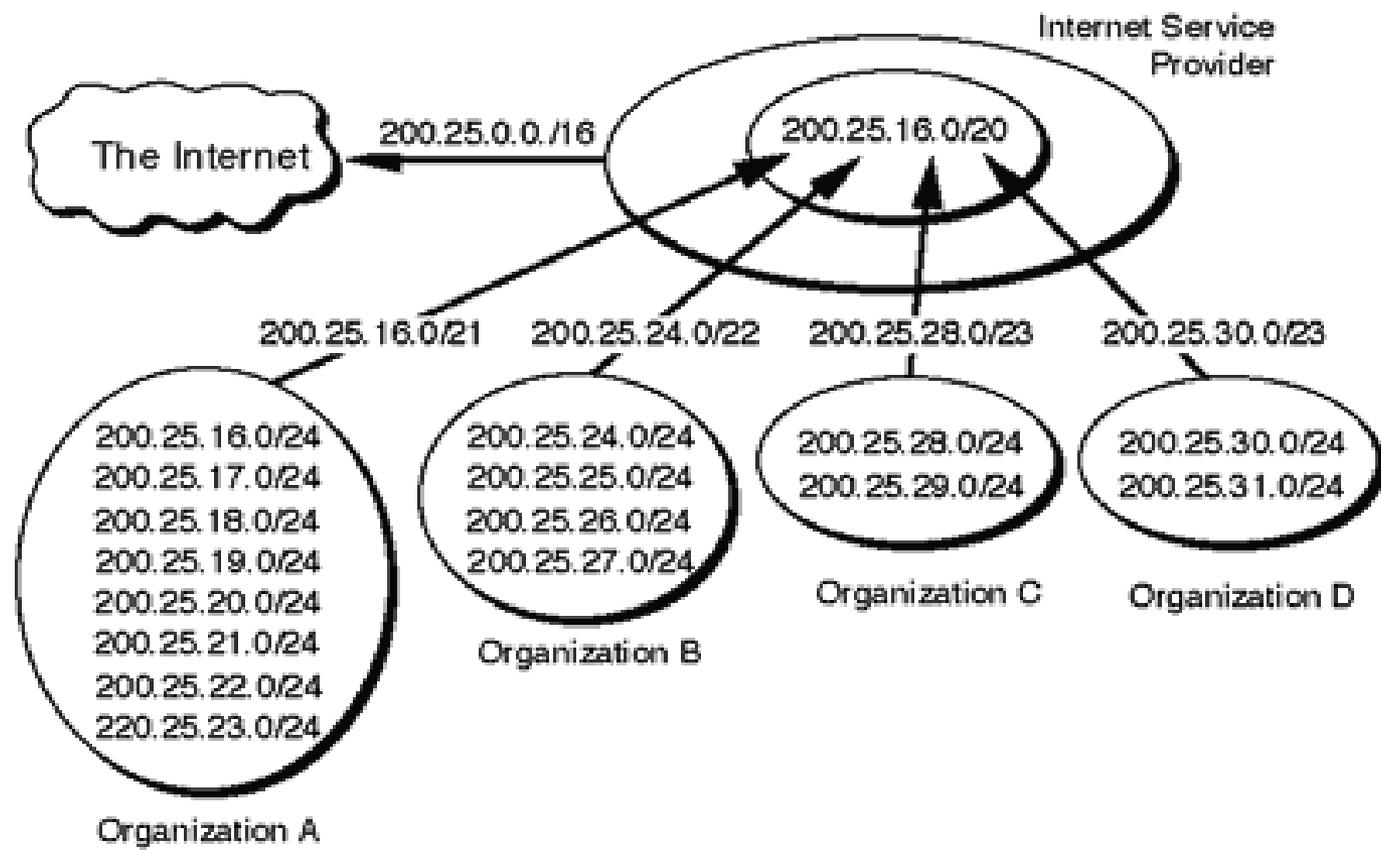
Protocoles de routage avec classe

- La Synthèse automatique s'opère lorsque les interfaces d'un routeur sont dans plus d'un réseau de classe A, B ou C :
 - Le routeur annonce une seule route résumée pour chacun ;
 - L'adresse IP de l'interface sur laquelle elle est annoncée n'appartient pas au réseau X auquel se trouve la route résumée :
 - Les routes vers les sous-réseaux du réseau X sont annoncées sous forme d'une seule route.
 - Cette route résumée correspondant au réseau X de la classe A, B, ou C tout entier.
- Synthèse automatique active par défaut sur les protocoles avec classe.

CIDR - Justification

- Pourquoi CIDR ? :
 - En classful :
 - Impossible de faire du subnetting ou du [surnetting](#).
 - Le masque de sous-réseau n'est pas envoyé dans les mise à jour de routage
 - Le masque par défaut est obligatoire
 - Gâchis dans l'attribution d'adresses IP :
 - Un épuisement rapide des @ IPV4.
 - Pour un besoin de plus de 254 @, une adresse de classe B ayant un block d'adresses de 65533 est allouée; plusieurs adresses resteront ainsi inutilisables.

Routeage CIDR



Source: <http://ariane.mpl.ird.fr/textes/routage/chap4.htm>