

RAPPEL ADRESSAGE IP

Que fait un routeur ?

Pour chaque datagramme IP qui traverse le routeur, IP :

- vérifie le checksum, si faux → destruction du datagramme
- détermine si ce sont des données *utilisateur* ou de *contrôle* destinées au routeur
- décrémente la durée de vie, si nulle → destruction du datagramme
- **décide du routage**
- **fragmente** le datagramme si nécessaire
- **reconstruit l'en-tête IP** avec les champs mis à jour
- transmet le(s) datagramme(s) au protocole d'accès de l'interface réseau de sortie avec **l'adresse de sous-réseau correspondante**

A réception dans l'hôte destinataire, IP :

- vérifie le checksum
- s'il y a eu fragmentation, mémorise puis **réassemble**
- **délivre au niveau supérieur** les données

1

Adressage IP

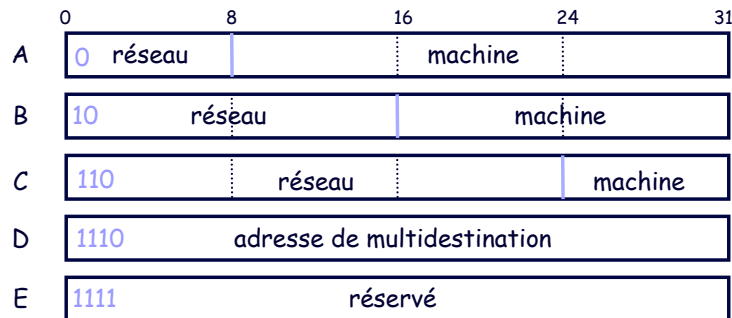
- adressage
 - pour l'identification d'un équipement réseau
 - pour le routage
- plan d'adressage homogène
 - format : 4 octets → 4,3 milliards d'adresses ???
 - notation décimale pointée : x1.x2.x3.x4
- adresse globalement unique et hiérarchique
- format : <réseau> <machine>
 - localisateur ou préfixe réseau : identificateur de réseau
 - identificateur : identificateur de machine

réseau	machine
localisateur	identificateur

12

Classes d'adresses

- le découpage <réseau> / <machine> n'est pas fixe
- ↗ 5 classes d'adresses



14

Classes d'adresses

- **classe A** : 2^7 réseaux (128)
 - réservé: 0.0.0.0 et 127.0.0.0
 - disponible: 1.0.0.0 à 126.0.0.0
 - 126 réseaux classe A et 16 777 214 machines/réseau
- **classe B** : 2^{14} réseaux (16 384)
 - réservé: 128.0.0.0 et 191.255.0.0
 - disponible 128.1.0.0 à 191.254.0.0
 - 16 382 réseaux classe B et 65 534 machines/réseau
- **classe C** : 2^{21} réseaux (2 097 152)
 - réservé 192.0.0.0 et 223.255.255.0
 - disponible 192.0.1.0 à 223.255.254.0
 - 2 097 150 réseaux classe C et 254 machines/réseau

15

Une organisation dispose généralement d'une seule adresse de réseau IP mais est composée de plusieurs sites/départements

-> diviser un réseau IP en plusieurs sous-réseaux

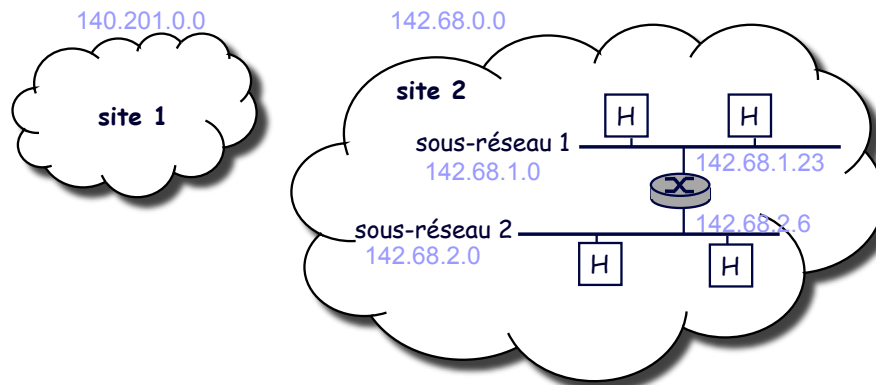
-> prendre quelques bits de la partie <HOST_ID> de l'adresse IP pour distinguer les sous-réseaux

-> transparent vis à vis de l'extérieur

Subnetting

□ Problème

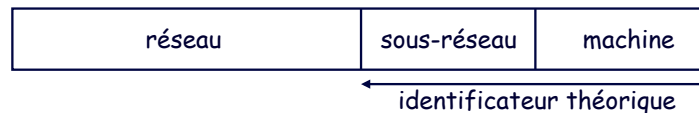
- distinction <réseau> / <hôte> insuffisante en pratique



16

Sous-adressage

- Principe
 - ajout d'un niveau hiérarchique dans l'adressage
 - adresse de sous-réseau
 - subdivision de la partie <hôte>



- le sous-réseau
 - est un réseau physique (i.e. un réseau IP connexe) du réseau de site
 - a une visibilité purement interne (transparent vis à vis de l'extérieur).

17

Le masque de sous-réseau

- Le masque indique la frontière entre la partie <sous-réseau> et la partie <machine>
- Le masque est propre au site et il est de 32 bits
- Bits du masque de sous-réseau (*subnet mask*)
 - positionnés à 1 → partie réseau
 - positionnés à 0 → partie machine
- Exemple
 - 11111111 11111111 11111111 00000000
 - ☞ 3 octets pour le champ réseau, 1 octet pour le champ machine
- Notations
 - décimale pointée
 - exemple : 255.255.255.0
 - adresse réseau/masque
 - exemple : 193.49.60.0/27 (27 = nombre de bits contigus du masque)

18

Masque de sous-réseau

- Utilisation :

classe	réseau	machine
interne au site	masque réseau	
	réseau	ss-réseau machine

- Exemple :

- le réseau 142.68.0.0 (classe B!) a comme masque 255.255.255.0
- soit l'hôte d'@IP 142.68.2.6

$$\begin{array}{rcl}
 & 10001110.01000100.00000010.00000110 & 142.68.2.6 \\
 \&\& & 11111111.11111111.11111111.00000000 & 255.255.255.0 \\
 \hline
 = & 10001110.01000100.00000010.00000000 & 142.68.2.0
 \end{array}$$

- ✎ l'hôte est sur le sous-réseau numéro 2, et a comme identificateur 6
- Le netmask permet de savoir si la machine source et destination sont sur le même sous-réseau.

19

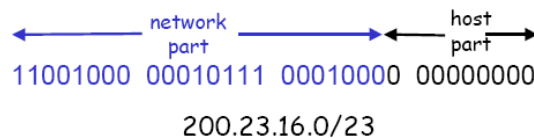
Le masque de sous-réseau

- Le choix du découpage <réseau> / <hôte> dépend des perspectives d'évolution du site
 - exemple classe B :
 - 8 bits pour la partie sous réseau → 256 sous réseaux de 254 machines
 - 3 bits pour la partie sous réseau → 8 sous-réseaux de 8190 machines
 - exemple classe C :
 - 4 bits pour la partie sous-réseau → 16 sous-réseaux de 14 machines

20

Adresse IP : CIDR

- Adressage par classe :
 - utilisation inefficace de l'espace d'adressage
 - Ex : une adresse de classe B a assez de place pour pour 65K hôtes, même si il n'y a que 2K hôtes dans ce réseau
- CIDR : Classless InterDomain Routing
 - La taille de la partie réseau est arbitraire
 - Format de l'adresse : a.b.c.d/x, où x est le # de bits dans la partie réseau de l'adresse
 - Ex: 128.96.0.0/16 : regroupe les numéros de 128.96.0.0 à 128.96.255.255
=> équivalent d'une classe B en notation classique



21

- Il n'y a plus de notion de classes et de sous-réseaux
- Allocation géographique des adresses restantes
- Europe (194-195), Amérique du nord (198-199), Amérique du sud (200-201), Pacifique (202-203)
- > 194 et 195 ont les 7 premiers bits identiques donc il suffit d'indiquer aux routeurs (hors Europe) : 194.0.0.0/7

ANNEXE

CI DR	bits disponibles	Masque de sous- réseau	Nombre d'hôtes par sous- réseau
/1	31	128.0.0.0	$2^{31}-2 = 2147483646$
/2	30	192.0.0.0	$2^{30}-2 = 1073741822$
/3	29	224.0.0.0	$2^{29}-2 = 536870910$
/4	28	240.0.0.0	$2^{28}-2 = 268435454$
/5	27	248.0.0.0	$2^{27}-2 = 134217726$
/6	26	252.0.0.0	$2^{26}-2 = 67108862$
/7	25	254.0.0.0	$2^{25}-2 = 33554430$
/8	24	255.0.0.0	$2^{24}-2 = 16777214$
/9	23	255.128.0.0	$2^{23}-2 = 8388606$
/10	22	255.192.0.0	$2^{22}-2 = 4194302$
/11	21	255.224.0.0	$2^{21}-2 = 2097150$

/12	20	255.240.0.0	$2^{20}-2 = 1048574$
/13	19	255.248.0.0	$2^{19}-2 = 524286$
/14	18	255.252.0.0	$2^{18}-2 = 262142$
/15	17	255.254.0.0	$2^{17}-2 = 131070$
/16	16	255.255.0.0	$2^{16}-2 = 65534$
/17	15	255.255.128.0	$2^{15}-2 = 32766$
/18	14	255.255.192.0	$2^{14}-2 = 16382$
/19	13	255.255.224.0	$2^{13}-2 = 8190$
/20	12	255.255.240.0	$2^{12}-2 = 4094$
/21	11	255.255.248.0	$2^{11}-2 = 2046$
/22	10	255.255.252.0	$2^{10}-2 = 1022$
/23	9	255.255.254.0	$2^9-2 = 510$
/24	8	255.255.255.0	$2^8-2 = 254$
/25	7	255.255.255.128	$2^7-2 = 126$
/26	6	255.255.255.192	$2^6-2 = 62$
/27	5	255.255.255.224	$2^5-2 = 30$
/28	4	255.255.255.240	$2^4-2 = 14$
/29	3	255.255.255.248	$2^3-2 = 6$
/30	2	255.255.255.252	$2^2-2 = 2$
/31	1	255.255.255.254	2^1
/32	0	255.255.255.255	2^0

Un **sous-réseau** est une subdivision logique d'un réseau de taille plus importante. Le *masque de sous-réseau* permet de distinguer la partie de l'adresse utilisée pour le **routing** et celle utilisable pour numéroté des interfaces. Un sous-réseau correspond typiquement à un **réseau local** sous-jacent.

Historiquement, on appelle également *sous-réseau* chacun des réseaux connecté à Internet.

La subdivision d'un réseau en sous-réseaux permet de limiter la propagation des **broadcast**, ceux-ci restant limités au réseau local et leur gestion étant coûteuse en bande passante et en ressource au niveau des **commutateurs réseau**. Les **routeurs** sont utilisés pour la communication entre les machines appartenant à des sous-réseaux différents.



Masque de sous-réseau[\[modifier\]](#)

Les adresses **IPv4** sont composées de deux parties : le sous-réseau et l'hôte.

On considérait autrefois que l'adresse du réseau était définie par sa **classe**, et obtenue en appliquant l'opérateur booléen **ET** bit à bit entre le masque par défaut associé et l'adresse **IPv4**. La notion de classe est cependant considérée comme désuète depuis l'avènement du routage sans classe. Ni les protocoles de routages actuels (**BGP**, **OSPF**, **IS-IS**), ni les **RIR** n'en tiennent plus compte dans l'assignation des adresses IP publiques.

Un **masque de sous-réseau** (désigné par *subnet mask*, *netmask* ou *address mask* en anglais) est un **masque** indiquant le nombre de **bits** d'une **adresse IPv4** utilisés pour identifier le sous-réseau, et le nombre de bits caractérisant les **hôtes** (ce qui indique aussi le nombre d'hôtes possibles dans ce sous-réseau).

L'adresse du sous-réseau est obtenue en appliquant l'opérateur ET binaire entre l'adresse **IPv4** et le masque de sous-réseau. L'adresse de l'hôte à l'intérieur du sous-réseau est quant à elle obtenue en appliquant l'opérateur ET entre l'adresse **IPv4** et le **complément à un** du masque.

Les masques de sous-réseau utilisent la même représentation que celles des adresses **IPv4**. En **IPv4**, une adresse IP est codée sur 4 **octets**, soit 32 bits (représentés en **notation décimale à point**). Un masque de sous-réseau possède lui aussi 4 octets. Bien que la norme **IPv4** n'interdise pas que la partie significative du masque contienne des bits à 0, on utilise en pratique des masques constitués (sous leur forme binaire) d'une suite de 1 suivis d'une suite de 0, il y a donc 32 masques réseau possibles.

Exemple

adresse 192.168.1.2 et masque 255.255.255.0

192.168.1.2 & 255.255.255.0 = 192.168.1.0

192.168.1.2 & 0.0.0.255 = 0.0.0.2

soit en binaire :

```

11000000.10101000.00000001.00000010
11000000.10101000.00000001.00000010
& 11111111.11111111.11111111.00000000      &
00000000.00000000.00000000.11111111
= 11000000.10101000.00000001.00000000      =
00000000.00000000.00000000.00000010

```

Autrement dit, il suffit pour obtenir l'adresse du sous-réseau de conserver les bits de l'adresse IPv4 là où les bits du masque sont à 1 (un certain nombre de bits en partant de la gauche de l'adresse). La partie numéro d'hôte est, elle, contenue dans les bits qui restent (les plus à droite).

Une forme plus courte est connue sous le nom de « notation [CIDR](#) » (*Classless Inter-Domain Routing*). Elle donne le numéro du réseau suivi par une barre oblique (ou *slash*, « / ») et le nombre de bits à 1 dans la [notation binaire](#) du masque de sous-réseau. Le masque 255.255.224.0, équivalent en binaire à 11111111.11111111.11100000.00000000, sera donc représenté par /19 (19 bits à la valeur 1, suivis de 13 bits 0).

La notation 91.198.174.2/19 désigne donc l'[adresse IP](#) 91.198.174.2 avec le masque 255.255.224.0, et signifie que les 19 premiers bits de l'adresse sont dédiés à l'adresse du sous-réseau, et le reste à l'adresse de l'[ordinateur hôte](#) à l'intérieur du sous-réseau.

Deux adresses IP appartiennent à un même sous-réseau si elles ont en commun les bits du masque de sous-réseau.

Subdiviser un réseau en sous-réseaux consiste (entre autres) à rajouter des bits 1 au masque de réseau, afin de former un masque de sous-réseau. À partir de la connaissance de l'[adresse IPv4](#) et du masque de sous-réseau il est possible de calculer le nombre d'interfaces que l'on peut numéroté à l'intérieur de chaque sous-réseau. En notant r le nombre de bits à 1 dans le masque de réseau et s le nombre de bits à 1 dans le masque de sous-réseau, le nombre de sous-réseaux possibles est donné par 2^{s-r} , et le nombre d'hôtes par sous-réseau est $2^{32-s}-2$, deux adresses de ce sous-réseau étant réservées au sous-réseau lui-même et au [broadcast](#) et ne pouvant pas être utilisées pour numéroté une interface.

/32 désigne un réseau qui ne comporte qu'une seule adresse IP, c'est-à-dire une adresse IP individuelle.

Le masque /31 était autrefois considéré comme inutilisable, car ce réseau ne comporte que deux adresses, dont l'adresse du sous-réseau et l'adresse de broadcast. Pour numéroté des adresses de liens point à

point, on utilisait donc des /30, soit quatre adresses dont deux utilisables pour adresser des interfaces. Le [RFC 3021](#) permet cependant d'utiliser plus efficacement l'espace d'adressage en permettant le /31 (il n'y a dans ce cas pas d'adresse de broadcast et l'adresse du sous-réseau est utilisée pour numéroté une interface).