



Université Abdelmalek Essaadi
Faculté Polydisciplinaire à Larache
Département d'Informatique
Filière : SMI– S6
Année universitaire : 2021 - 2022



Module : Réseaux II

Chapitre 1 : Adressage IPv4- Rappel

Pr. Essaid EL HAJI

Adressage IPv4

Partons d'un Exemple !

3

- Complétez le tableau suivant en indiquant :
 - La classe de chaque adresse IP
 - Si les adresses IP sont valides ou non (justifier votre réponse) .

Adresse	Classe	Valide ou non	Justification
162.132.255.255			
175.100.255.18			
195.234.253.0			
100.0.0.23			
188.258.221.176			
127.34.25.189			

Solution

4

Adresse IP	Classe	Valide (Oui/Non)	Justification
162.132.255.255	B	NON	Il s'agit d'une adresse de broadcast pour un réseau de classe B (la partie hôte - troisième et quatrième octets - ne contient que des 1) et elle ne peut pas être utilisée pour une adresse hôte.
175.100.255.18	B	OUI	La partie hôte (troisième et quatrième octets pour un total de 16 bits) est 11111111.00010010 et elle ne comprend pas que des 0 ou des 1. L'adresse est valide même si le troisième octet ne comprend que des 1.
195.234.253.0	C	NON	Il s'agit de l'adresse réseau de ce réseau et elle ne peut pas être utilisée comme adresse hôte puisque tous les bits d'hôte sont à 0.
100.0.0.23	A	OUI	La partie hôte de l'adresse (deuxième, troisième et quatrième octets pour un total de 24 bits) ne comprend pas que des 0 ou des 1, donc l'adresse est valide même si les deuxième et troisième octets ne comprennent que des 0.
188.258.221.176	B	NON	Elle n'est pas valide car le deuxième octet est supérieur à 255. Aucun octet ne peut avoir une valeur supérieure à 255 (1 partout)
127.34.25.189	A	NON	Elle n'est pas valide car le nombre 127 ne peut pas être utilisé dans le premier octet puisque cette valeur est réservée à des fins de diagnostic.

Principe de l'adressage

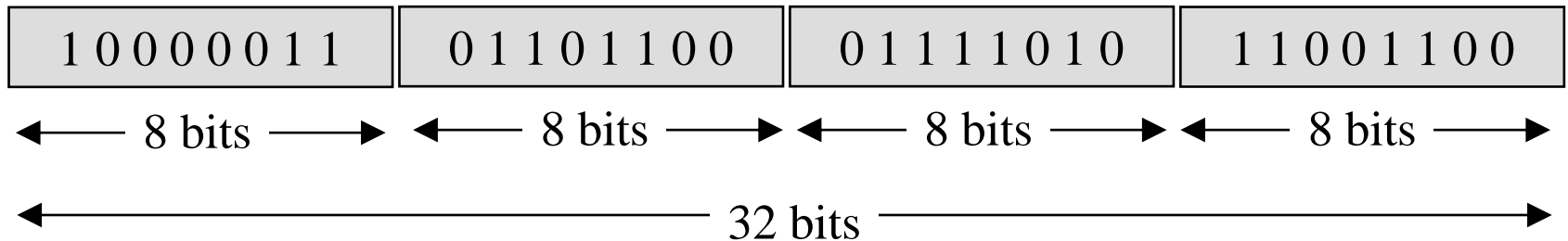
5

- Chaque hôte dispose d'une **adresse unique**.
 - L'adresse est une **adresse logique** et non physique (différente de **l'adresse physique** et peut être modifiée).
 - L'adresse est assignée à l'interface et non à la machine.
 - Les adresses sont groupées par rapport au numéro du réseau (**adresse réseau**)
 - Les interfaces d'un même groupe doivent être connectés au même média (bus , switch , hub)
-

Adresse IPv4

6

- Une **adresse IP** est codée sur **32 bits** (4 octets).
- Chaque combinaison (2^{32} combinaisons) représente une adresse .



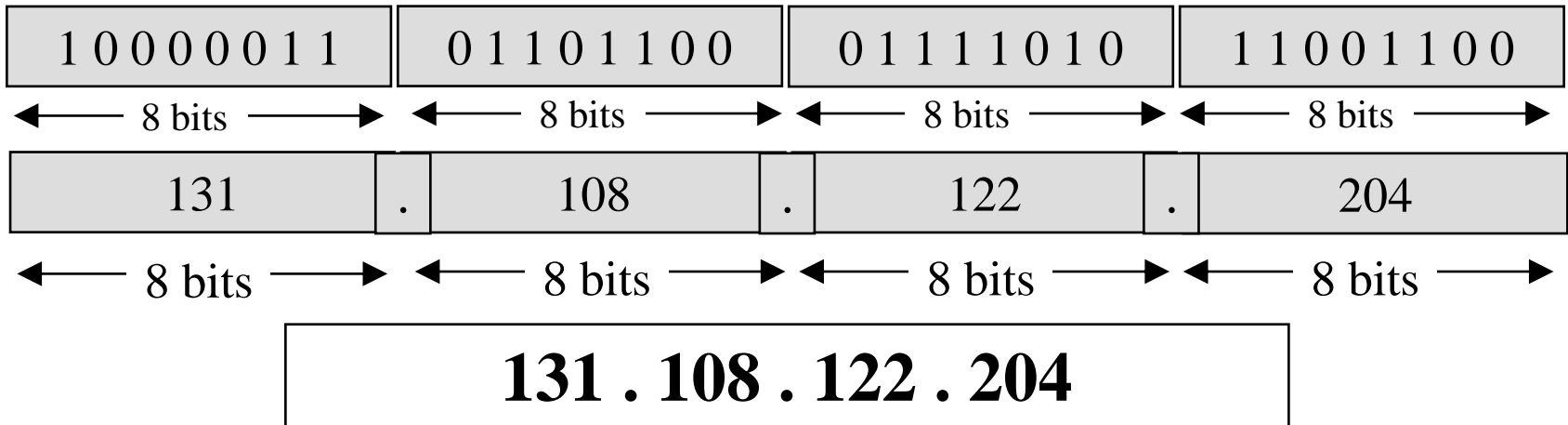
- Il est pratiquement impossible de mémoriser 32 bits.
- Une adresse IP est représentée dans un format décimal avec 4 nombres séparés par des points.
- On parle de "notation décimale pointée".

Adresse IPv4

7

- Chaque 8 bits de l'adresse représente un nombre décimal
- Ce nombre décimal représente une **valeur entière** entre 0 à 255

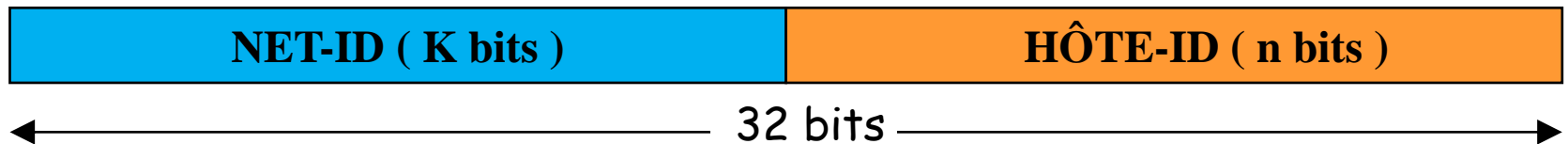
Exemple:



Structures d'une adresse IPv4

9

- Une adresse IPv4 comprend deux parties :
 - Un numéro de réseau (**NET-ID**): une adresse globale pour identifier un réseaux, cette adresse est commun à toutes les machines de ce réseau.
 - Un numéro de machine (**Hôte-ID**) : identifier une machine dans un réseau.



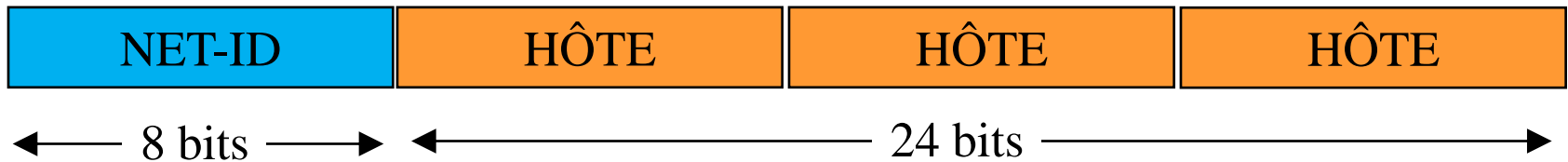
Exemple : soit l'adresse **131 . 108 . 122 . 204** , si on considère **k = 16** et **n=16** alors :
NET-ID : 131.108.0.0

Classes d'adresse IPv4

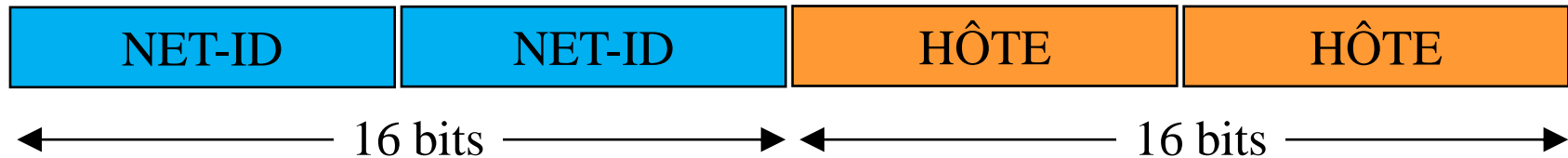
10

- La longueur de la partie réseau (**Net-Id**) détermine la classe de l'adresse
- Les adresses IP sont classées en 3 classes :

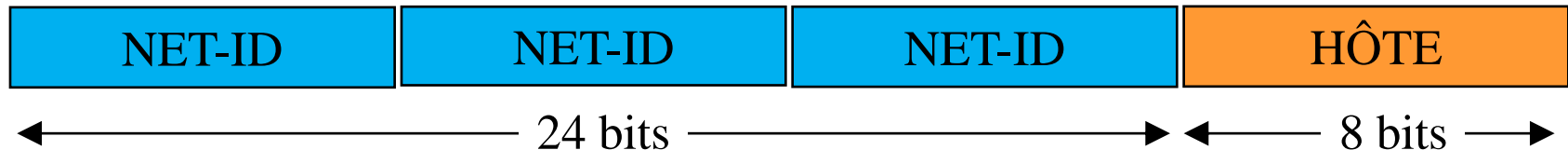
A



B



C



Adresse IP de classe A

11

- Le premier octet est réservé au réseau, les 3 octets (24 bits) suivants sont réservés aux hôtes.
- Les premiers bits des octets réseau sont toujours à 0 (il reste 7 bits)



- Nombre de réseaux disponibles : $2^7 = 128$ réseaux
- Nombre d'hôtes disponibles : $2^{24} = 16\,777\,216$ hôtes
- Intervalle d'Adresse IP de classe A : de **0.0.0.0** à **126.255.255.255**

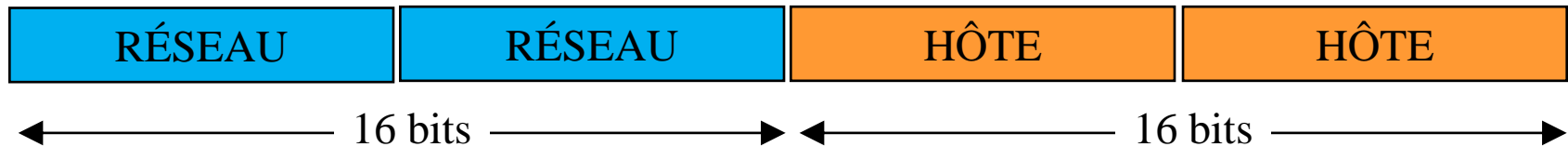
De **00 00 00 00 . 00 00 00 00 . 00 00 00 00 . 00 00 00 00** à **01 11 11 10 . 11 11 11 11 . 11 11 11 11 . 11 11 11 11**

Remarque : L'adresse **127.b.c.d** : tant que b, c et d sont des nombres [0,255] représente une adresse de boucle de retour (loop back).

Adresse IP de classe B

12

- Les 2 premiers octets sont réservés au réseau, les 2 octets (16 bits) suivants sont réservés aux l'hôtes.
- Les deux premiers bits des octets réseau sont toujours à 10 (il reste 14 bits)

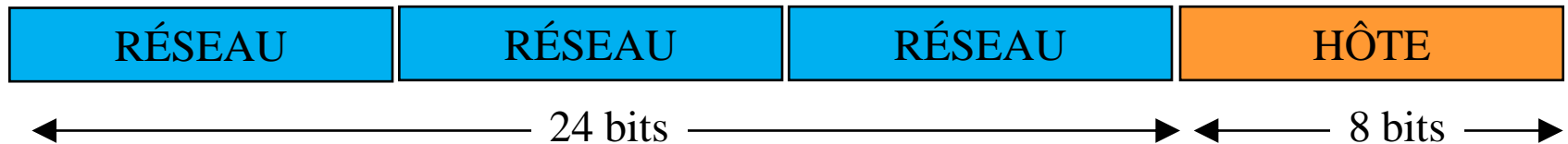


- Nombre de réseaux disponibles : $2^{14} = 16\,384$ réseaux
 - Nombre d'hôtes disponibles : $2^{16} = 65\,536$ hôtes
 - Intervalle d'Adresse IP de classe B : de 128.0.0.0 à 191.255.255.255
- De 10 00 00 00 . 00 00 00 00 . 00 00 00 00 . 00 00 00 00 à 10 11 11 11 . 11 11 11 11 . 11 11 11 11 . 11 11 11 11

Adresse IP de classe C

13

- Les 3 premiers octets sont réservés au réseau, l'octet suivant est réservé aux hôtes.
- Les trois premiers bits des octets réseau sont 110 (il reste 21 bits)



- Nombre de réseaux disponibles : $2^{21} = 209\,752$ réseaux
 - Nombre d'hôtes disponibles : $2^8 = 256$ hôtes
 - Intervalle d'Adresse IP de classe C : de 192.0.0.0 à 223.255.255.255
- De 11 00 00 00 . 00 00 00 00 . 00 00 00 00 . 00 00 00 00 à 11 01 11 11 . 11 11 11 11 . 11 11 11 11 . 11 11 11 11

Classes d'adresses Particulières

14

- Il existe deux autres classes d'adresses IP particulières :
 - **La classe D** : réservé pour le multicast (communication en groupe)
 - De 224.0.0.0 à 239.255.255.255
 - **La classe E** : les adresses de la classe E sont réservés pour les tests
 - De 240.0.0.0 à 247.255.255.255

Classe D

1 1 1 0

Multicast

Classe E

1 1 1 1 0

Réservé

Exemple :

L'adresse 226.5.5.11 est de classe D \Rightarrow 11100010 00000101 00000101 00001011

L'adresse 242.5.5.11 est de classe E \Rightarrow 11110010 00000101 00000101 00001011

Valeurs particulières

15

■ Adresse d'un réseau

- **La partie hôte** de l'adresse ne peut pas être composée exclusivement de 0 \Rightarrow (00000000 en binaire ou 0 en décimal).
- Dans le cas où la partie hôte comporte uniquement des zéro alors cette adresse correspond à **l'adresse d'un réseau (identité de réseaux)**

■ Adresse de diffusion (broadcast) :

- On parle de diffusion lorsqu'une source envoie des données à toutes les unités d'un réseau.
- Toutes les machines du même réseaux reçoivent le paquet de données \Rightarrow Quant une adresse **ne contient que des 1 dans la partie hôte**. Elle est appelée **adresse de diffusion (broadcast)**

Masque de réseau

16

- C'est une combinaison de bits utilisée pour décrire la portion d'une adresse qui désigne le réseau et la portion qui désigne l'hôte.
 - Il est calculé comme suit :
 - Exprimez l'adresse IP au format binaire.
 - Remplacez tous les bits de **la portion réseau de l'adresse par des 1**
 - Remplacez tous les bits de **la portion hôte de l'adresse par des 0**
 - Enfin, convertissez l'adresse binaire au format décimal.
 - Le masque par défaut pour:
 - **Classe A: 255.0.0.0 \Rightarrow /8**
 - **Classe B: 255.255.0.0 \Rightarrow /16**
 - **Classe C: 255.255.255.0 \Rightarrow /24**
-

Résumé

17

	Plage	Bits	Forme	Masque	NB Réseaux	NB Hôtes
A	De 1 à 126	0	R.H.H.H	255.0.0.0	126 ($2^7 - 2$)	16,777,214 ($2^{24} - 2$)
B	De 128 à 191	10	R.R.H.H	255.255.0.0	16,382 ($2^{14} - 2$)	65,534 ($2^{16} - 2$)
C	De 192 à 223	110	R.R.R.H	255.255.255.0	2,097,150 ($2^{21} - 2$)	254 ($2^8 - 2$)

Exercice 2

18

- Complétez le tableau suivant :

Adresse hôte	Classe d'adresse	Adresse réseau	Partie hôte	Adresse broadcast	Masque par default
216.14.55.137					
123.1.1.15					
150.127.221.244					
194.125.35.199					
175.12.239.244					
216.14.55.137					

Exercice 2 (Solution)

19

- Complétez le tableau suivant :

Adresse hôte	Classe d'adresse	Adresse réseau	Partie hôte	Adresse broadcast	Masque par default
216.14.55.137	C	216.14.55.0	137	216.14.55.255	255.255.255.0
123.1.1.15	A	123.0.0.0	1.1.15	123.255.255.255	255.0.0.0
150.127.221.244	B	150.127.0.0	221.244	150.127.255.255	255.255.0.0
194.125.35.199	C	194.125.35.0	199	194.125.35.255	255.255.255.0
175.12.239.244	B	175.12.0.0	239.244	175.12.255.255	255.255.0.0
216.14.55.137	C	216.14.55.0	137	216.14.55.255	255.255.255.0

Les sous réseaux

Pourquoi créer des sous-réseaux ?

21

- Le principal problème de l'adressage IP est **le gaspillage de l'espace d'adressage** \Rightarrow des adresses réservées mais non attribuées .

Par exemple :

- Si on dispose de **50 machines dans un réseau** \Rightarrow cela nécessite **50 adresses** La classe la plus adéquate est la classe C (par exemple 193.220.12.0) dont on dispose de 254 hôtes \Rightarrow utiliser 50 adresses seulement . Mais le reste des adresses (**204 adresses**) sont inutilisées et ne peuvent pas être affectées ailleurs puisque l'adresse réseau est déjà attribué.
 - Donc pourquoi ne pas utiliser les adresses d'un réseaux ayant une capacité qui répond juste au besoin sans gaspiller les adresses \Rightarrow cela revient a prendre **une partie (sous réseaux) du réseaux global** au lieu de prendre la totalité des adresses offertes par ce réseau .
-

Principe du découpage en sous-réseaux

22

- Le principe du découpage en sous-réseaux consiste à :
 - Déterminer les sous réseaux (L'adresse de chaque sous réseaux)
 - Calculer le masque des sous réseaux
 - Calculer l'intervalle des adresses valides de chaque sous réseaux.
 - Calculer l'adresse du broadcast de chaque sous réseaux.
-

Principe du découpage en sous-réseaux

23

■ Pour effectuer ce découpage :

- Prendre **n bits de la partie hôte** \Rightarrow ces bits doivent être réattribués à la partie réseau dans l'adresse.
- Le nombre de bits à empruntés dépend du nombre de sous réseaux qu'on veut avoir et le nombre de machines dans chaque sous réseaux
 - Si on veut avoir **deux sous réseaux** alors emprunter **1 bit**.
 - Si on veut avoir **4 sous réseaux**, emprunter **2 bits** (2^2).
 - Si on veut avoir **7 sous réseaux** alors emprunter **3 bits** ($2^3=8$ sous réseaux) \Rightarrow utiliser uniquement 7.

Net-id (K bits)	Hôte (m bits)
-------------------	-----------------

Net-ID (k bits)	Sous réseau (n bits)	Hôte (m-n bits)
-------------------	------------------------	-------------------

Le net-id des nouveaux sous réseaux est constitué de $k+n$ bits

Principe du découpage en sous-réseaux

24

- Cette opération est souvent appelée « **emprunt** » de bits.
 - L'emprunt se fait toujours à partir **du bit d'hôte situé le plus à gauche**.
 - Chaque combinaison des bits empruntés représente un sous réseau (2^n sous réseaux).
 - Le nombre de bits qui reste détermine le nombre d'adresses utilisables dans le sous réseaux ($2^{\text{nombre de bits hôtes restants}} - 2 = \text{adresses utilisables}$)
 - La soustraction correspond aux deux adresses réservées que sont **l'adresse du réseau** et **l'adresse de broadcast** du réseau.
-

Découpage en sous-réseaux

25

Exemple :

- Supposant qu'on veut avoir 4 sous réseaux : **192.55.12.0**
- Dans ce cas on prend deux bits de la partie hôte (chaque sous réseaux comporte 64 adresses)

11000000.00110111.00001100.00000000

- Le premier sous réseaux : 11000000.00110111.00001100.**00**000000
[**192.55.12.0**]
 - Le deuxième réseaux : 11000000.00110111.00001100.**01**000000
[**192.55.12.64**]
 - Le troisième réseaux : 11000000.00110111.00001100.**10**000000
[**192.55.12.128**]
 - Le quatrième réseaux : 11000000.00110111.00001100.**11**000000
[**192.55.12.192**]
-

Masque des sous-réseaux

26

- Lorsque on utilise les sous réseaux , **le masque réseau par défaut n'est plus valable** , puisque nous avons rajouter des bits supplémentaires au net-id.
- La nouvelle valeur du masque pour les sous réseaux est calculée comme suit :
 - Prendre le masque par défaut du réseau initial
 - Compléter les bits empruntés de la partie hôte par des 1
 - Laisser les bits restant de la partie hôte à zéro .

Exemple :

- Pour l'adresse **192.55.12.0** de la classe C on veut créer quatre sous réseaux
 - Masque par défaut (**255.255.255.0**) : 11111111. 11111111. 11111111.00000000
 - Le masque des nouveaux sous réseaux :
11111111. 11111111. 11111111. **11**000000 \Rightarrow 255.255.255.192
 - Le premier sous réseaux : 192.55.12.0/26
 - Le deuxième sous réseaux : 192.55.12.128/26
-

Adresse de broadcast pour les sous réseaux

27

- L'adresse de broadcast est une adresse dont **les bits qui constituent la partie hôte ne contiennent que des 1**.
- Dans le cas des sous réseaux **l'adresse du broadcast n'est pas la même** pour tous les sous réseaux.
- Pour calculer l'adresse de broadcast d'un sous réseaux :
 - Ecrire l'adresse de ce sous réseaux en binaire.
 - Remplir la partie hôte uniquement avec des 1
 - Et traduire par la suite en décimal

Adresse de broadcast pour les sous réseaux

28

Exemple :

- Le premier sous réseaux 192.55.12.0 :
 - 11000000.00110111.00001100.00000000
 - Adresse de broadcast : 11000000.00110111.00001100.00111111 ⇒ **192.55.12.63**
- Le deuxième sous réseaux 192.55.12.64 :
 - 11000000.00110111.00001100.01000000
 - Adresse de broadcast : 11000000.00110111.00001100.01111111 ⇒ **192.55.12.127**
- Le troisième sous réseaux 192.55.12.128 :
 - 11000000.00110111.00001100.10000000
 - Adresse de broadcast : 11000000.00110111.00001100.10111111 ⇒ **192.55.12.191**
- Le quatrième sous réseaux 192.55.12.192 :
 - 11000000.00110111.00001100.11000000
 - Adresse de broadcast : 11000000.00110111.00001100.11111111 ⇒ **192.55.12.255**

Intervalle des adresses valides

29

- Eliminer l'adresse réseau et l'adresse de broadcast
- Supposant qu'on veut avoir 4 sous réseaux :
- Dans ce cas on prend deux bits de la partie hôte (chaque sous réseaux comporte 64 adresses)
192.55.12.0 \Rightarrow 11000000.00110111.00001100.00000000
- Le premier sous réseaux : 11000000.00110111.00001100.00000000
 - 192.55.12.0 (adresse valide : 192.55.12.1 - 192.55.12.62)
- Le deuxième réseaux : 11000000.00110111.00001100.01000000
 - 192.55.12.64 (adresse valide : 192.55.12.65 - 192.55.12.126)
- Le deuxième réseaux : 11000000.00110111.00001100.10000000
 - 192.55.12.128 (adresse valide : 192.55.12.129 - 192.55.12.190)
- Le deuxième réseaux : 11000000.00110111.00001100.11000000
 - 192.55.12.192 (adresse valide : 192.55.12.193 - 192.55.12.254)

Exercice 1

30

- L'adresse réseau de votre organisme est **150.193.0.0**
 - Vous avez besoin de **5 sous-réseaux** . Pour chaque sous-réseaux.
 - Quelle est la classe d'adresse ?
 - Quel est le masque par défaut ?
 - Combien de bits faut-il emprunter à la partie hôte de l'adresse réseau pour créer au moins 5 sous-réseaux ayant chacun au moins 50 hôtes ?
 - Quel sera le masque de sous-réseau
 - Donnez, pour les 4 premiers sous réseau, la plage des adresses machines et l'adresse de broadcast.
-

Solution

31

- Adresse réseau :
 - $150.193.0.0 \Rightarrow 1001\ 0110 . 1100\ 0001 . 0000\ 0000 . 0000\ 0000$
 - C'est une adresse de la **classe B**
 - NET-ID sur 16 bits
 - Hôte sur 16 bits
 - Masque par défaut $255.255.0.0$
 - On veut créer 5 sous réseaux
 - $2^3 = 8$ donc on aura besoin d'emprunter 3 bits de la partie hôte
 - Masque de sous-réseau =
 - $1111\ 1111 . 1111\ 1111 . \mathbf{111}0\ 0000 . 0000\ 0000 = 255.255.224.0$
-

Solution

32

N° sous-réseau	Adresse de sous-réseau	Plage d'adresses d'hôte IP	Adresse broadcast
1	150.193.0.0 De 1111 1111 . 1111 1111 . 0000 0000 . 0000 0000 À 1111 1111 . 1111 1111 . 0001 1111 . 1111 1110	150.193.0.1 à 150.193.31.254	150.193.31.255
2	150.193.32.0 De 1111 1111 . 1111 1111 . 0010 0000 . 0000 0000 À 1111 1111 . 1111 1111 . 0011 1111 . 1111 1110	150.193.32.1 à 150.193.63.254	150.193.63.255
3	150.193.64.0 De 1111 1111 . 1111 1111 . 0100 0000 . 0000 0000 À 1111 1111 . 1111 1111 . 0101 1111 . 1111 1110	150.193.64.1 à 150.193.95.254	150.193.95.255
4	150.193.96.0 De 1111 1111 . 1111 1111 . 0110 0000 . 0000 0000 À 1111 1111 . 1111 1111 . 0111 1111 . 1111 1110	150.193.96.1 à 150.193.127.254	150.193.127.255
5	150.193.128.0 De 1111 1111 . 1111 1111 . 1000 0000 . 0000 0000 À 1111 1111 . 1111 1111 . 1001 1111 . 1111 1110	150.193.128.1 à 150.193.159.254	150.193.159.255

Exercice 2

33

- L'adresse réseau de votre organisme est **192.168.15.0**
 - Vous avez besoin de **5 sous-réseaux** . Pour chaque sous-réseaux :
 - Quelle est la classe d'adresse ?
 - Quel est le masque par défaut ?
 - Combien de bits faut-il emprunter à la partie hôte de l'adresse réseau pour créer au moins 5 sous-réseaux ayant chacun au moins 50 hôtes ?
 - Quel sera le masque de sous-réseau
 - Donnez, pour les 4 premiers sous réseau, la plage des adresses machines et l'adresse de broadcast.
-

Solution

34

- Adresse réseau :
 - $192.168.15.0 \Rightarrow 11000000.10101000.00001111.00000000$
 - C'est une adresse de la **classe C**
 - NET-ID sur 24 bits
 - Hôte sur 8 bits
 - Masque par défaut $255.255.255.0$
 - On veut créer 5 sous réseaux
 - $2^3 = 8$ donc on aura besoin d'emprunter 3 bits de la partie hôte
 - Masque de sous-réseau =
 - $1111\ 1111 . 1111\ 1111 . 1111\ 1111 . \mathbf{111}0\ 0000 = 255.255.255. 224$
-

Solution

35

N°	Adresse de sous-réseau	Plage d'adresses	Adresse broadcast
1	192.168.15.0 11000000.10101000.00001111.00000000 11000000.10101000.00001111.00011110	192.168.15.1 à 192.168.15.30	192.168.15.31
2	192.168.15.32 11000000.10101000.00001111.00100000 11000000.10101000.00001111.00111110	192.168.15.33 à 192.168.15.62	192.168.15.63
3	192.168.15.64 11000000.10101000.00001111.01000000 11000000.10101000.00001111.01011110	192.168.15.65 à 192.168.15.94	192.168.15.95
4	192.168.15.96 11000000.10101000.00001111.01100000 11000000.10101000.00001111.01111110	192.168.15.97 à 192.168.15.126	192.168.15.127
5	192.168.15.128 11000000.10101000.00001111.10000000 11000000.10101000.00001111.10011110	192.168.15.129 à 192.168.15.158	192.168.15.159

Exercice 3

- Pour configurer l'interface d'un hôte qui doit se connecter à un réseau existant, on nous donne l'adresse **172.16.19.40/21**.
 - 1) Quel est le masque réseau de cette adresse ?
 - 2) Combien de bits ont été réservés pour les sous-réseaux privés ?
 - 3) Combien de sous-réseaux privés sont disponibles ?
 - 4) Quelle est l'adresse du sous-réseau de l'exemple ?
 - 5) Quelle est l'adresse de diffusion du sous-réseau de l'exemple ?
-

Solution

37

- 1) La notation /21 indique que le NetID occupe 21 bits. On décompose ces 21 bits en 8 bits + 8 bits + 5 bits ; ce qui donne le Masque : **255.255.248.0**.
 - 2) La valeur du premier octet de l'adresse étant comprise entre 128 et 192, il s'agit d'une adresse de classe B. Le masque réseau par défaut d'une classe B étant 255.255.0.0, **5 bits (1111 1000) ont été réservés** sur le troisième octet pour constituer des sous-réseaux.
 - 3) Le nombre de valeurs codées sur 5 bits est de 2^5 soit 32. Donc, le nombre de sous-réseaux utilisables **est 32**.
 - 4) En faisant un ET logique entre le masque (255.255.248.0) et l'adresse (172.16.19.40) on obtient L'adresse du sous-réseau suivante **172.16.16.0**
 - 5) On remplace la partie Hôte de l'adresse 172.16.16.0 par des 1 pour obtenir l'adresse de diffusion. Le dernier octet devient 255 puisque on remplace tous les 0 par des 1. Pour le troisième octet on remplace juste les 3 dernier bits par des 1, on obtient (00010111) ; soit 23 en décimal. L'adresse de diffusion du sous-réseau est donc **172.16.23.255**
-

IPV4 vs IPV6

8

■ Épuisement des adresses :

- L'**IPv4** étant une suite de **32 bits** codées en décimales sur 4 octets séparés par « . » a un nombre limité d'adresses IP publiques disponibles qui dépasse de quelque peu les **4 milliards** (2^{32}). Au total, on compte 4 294 967 296 valeurs uniques. [1981]
- Au contraire des adresse **IPV4**, l'**IPV6*** étant une suite de **128bits** codées en hexadécimal sur 16 octets séparés par « : » (8 parties tel que chaque partie est sur 2 octets) avec un nombre de machine qui dépasse **340 Décillions** (2^{128}). [1990]



Exemple IPV6



Exemple IPV4

* Internet Engineering Task Force (IETF)