

CHAPITRE 4

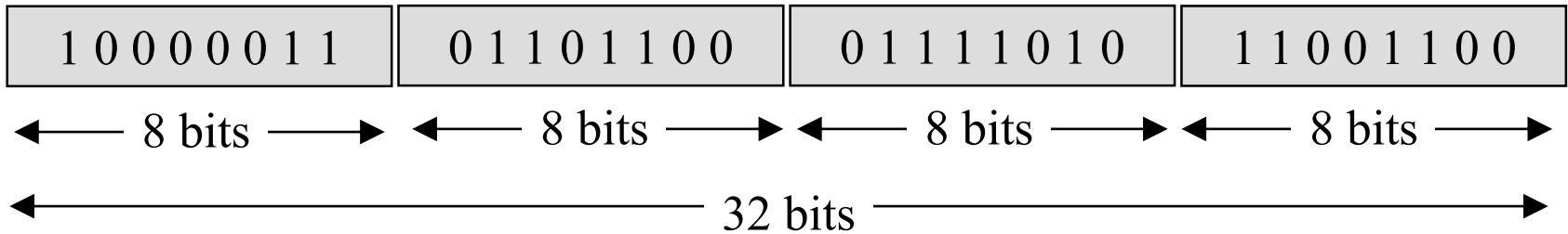
La couche réseau

Rôle de la couche réseau

- L'objectif de la couche réseau est de fournir un service de communication qui permet à une machine de communiquer avec les autres .
- La couche réseau offre deux fonctionnalités de base :
 - **L'adressage** : chaque machine doit être doté d'une adresse logique unique dans un réseau.
 - **Le routage** : la couche réseau permet de retrouver une machine dans un réseau grâce à une route (chemin) précisant comment la machine peut être atteinte.

Adresse IP

- Une adresse est sur 32 bits (4 octets) dite " adresse IP "

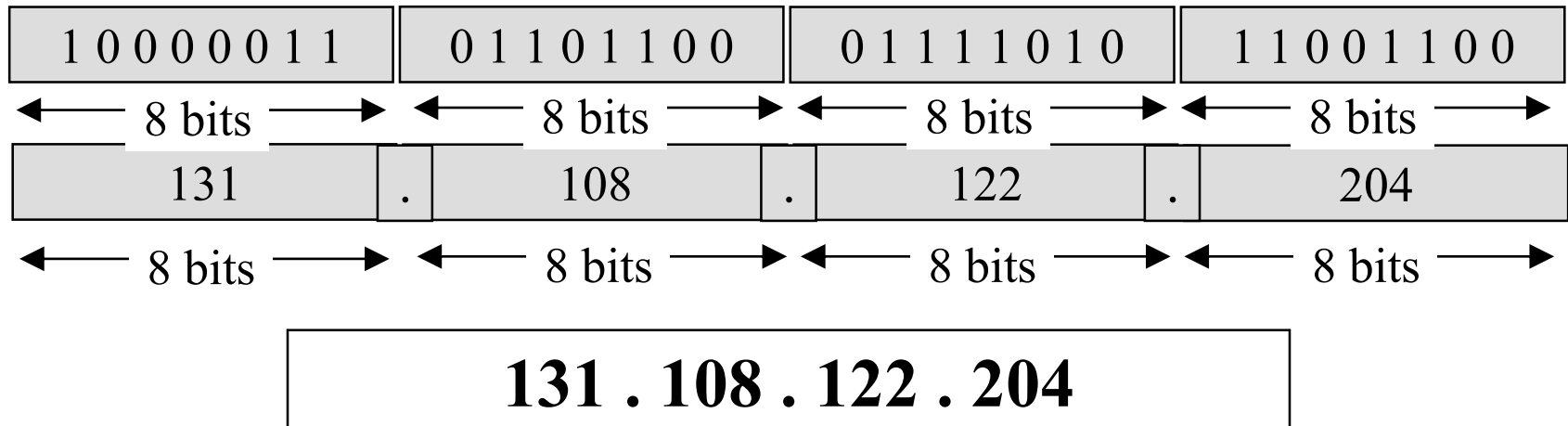


- Il est pratiquement impossible de mémoriser 32 bits.
- Une adresse IP est représentée dans un format décimal avec 4 nombres séparés par des points.
- On parle de "notation décimale pointée".

Notation décimale pointée des adresses IP

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

Exemple 1 :



Exemple 2 :

•L'adresse `1 0 0 0 0 0 1 1 . 0 1 1 0 1 1 0 0 . 0 1 1 1 1 0 1 0 . 1 1 0 0 1 1 0 1`

Est représentée par : `131 . 108 . 122 . 205`

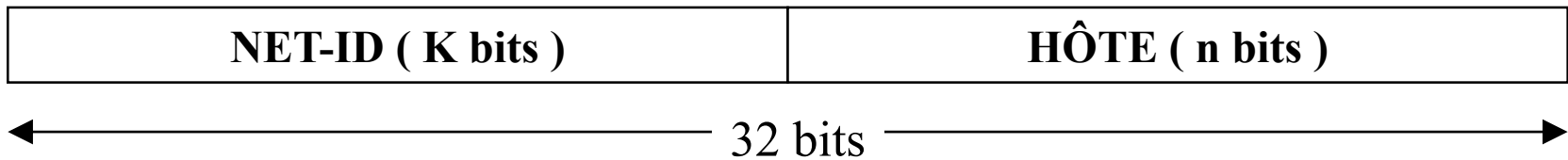
•L'adresse : `131 . 108 . 122 . 264` est non valide puisque le dernier nombre est supérieur a 255

Champs d'une adresse IP

Une adresse IP comprend deux parties :

Un **numéro de réseau** (NET-ID): une adresse globale pour identifier un réseaux, cette adresse est commun a toutes les machines de ce réseau.

Un **numéro de machine** (HOTE) : identifier une machine dans un réseau.



Une adresse = partie réseau + partie machine

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

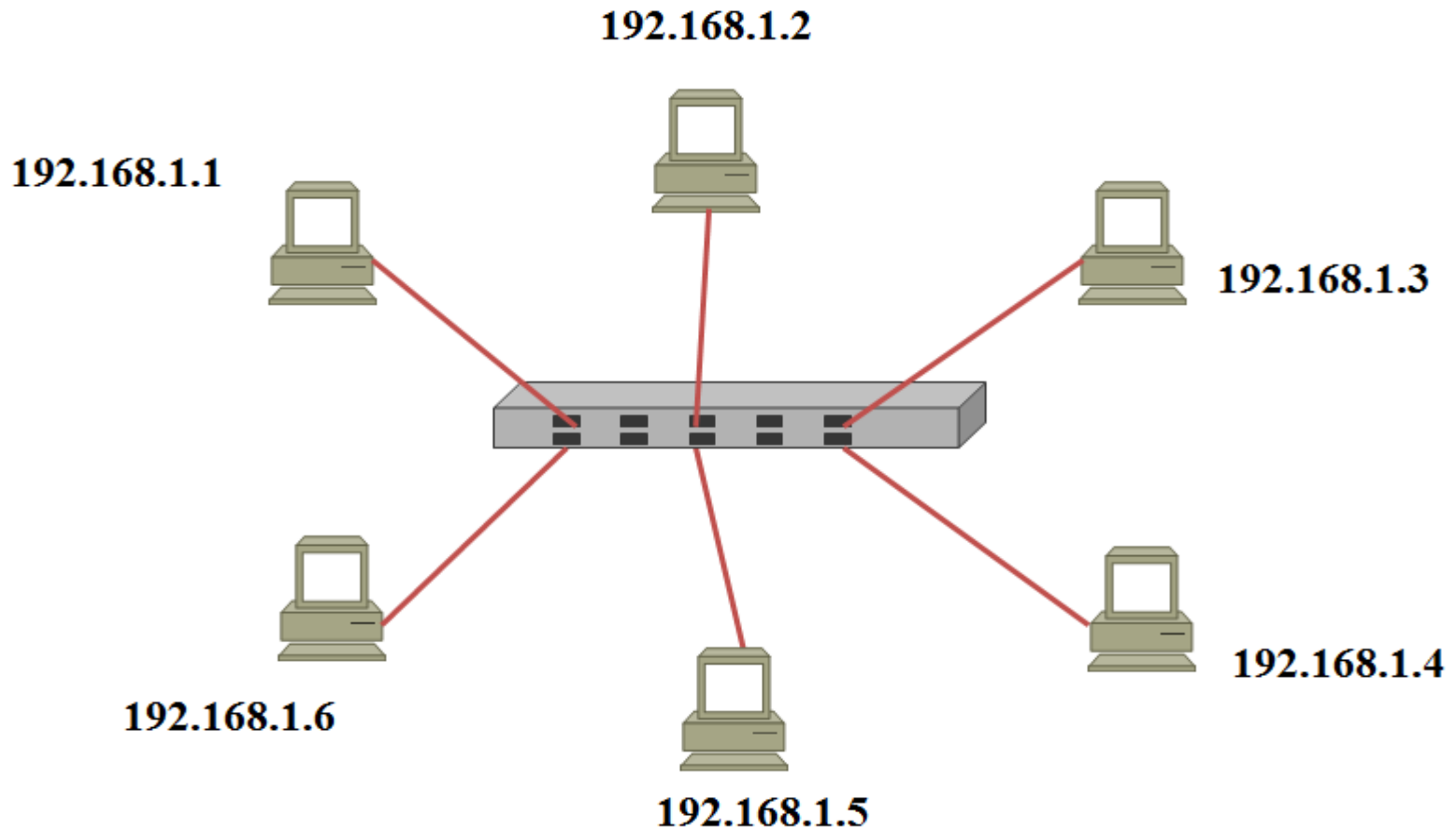
NET-ID : 131.108.0.0

HOTE : 0.0.122.204

Exemple : soit le réseau ayant le numéro 192.168.1.0

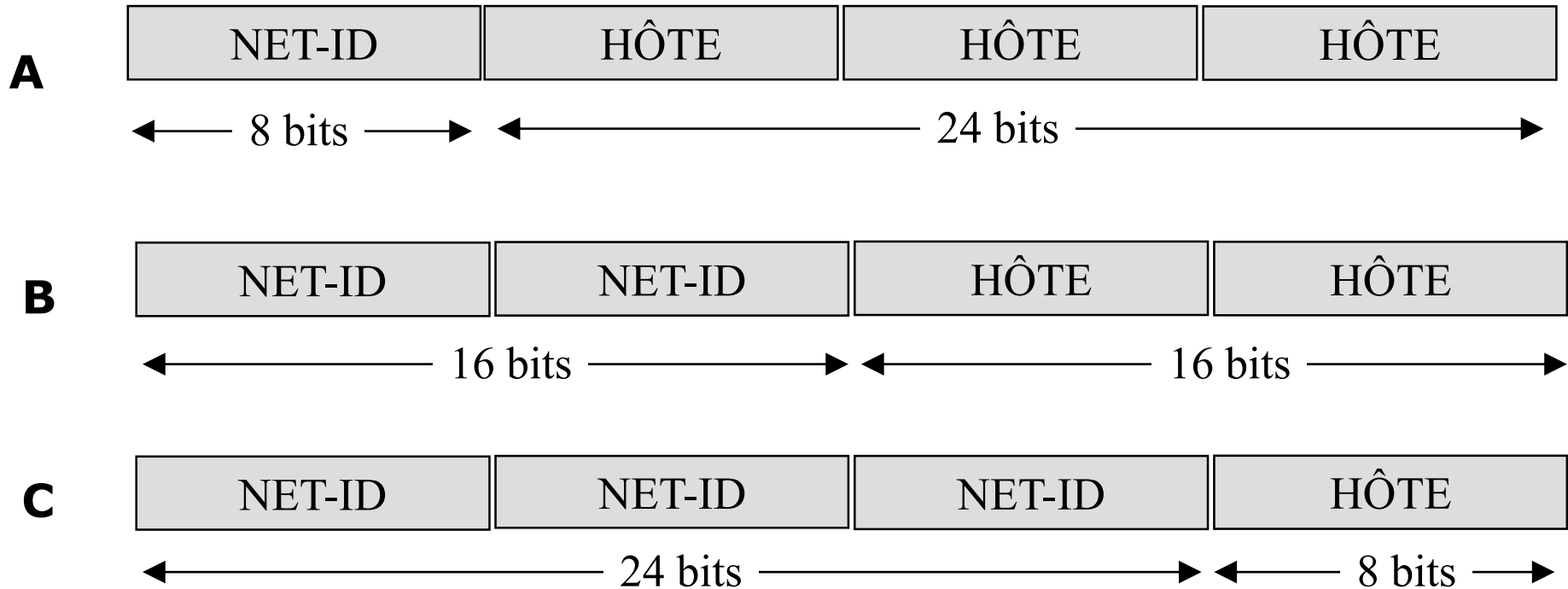
les machines de ce réseaux possèdent les adresses :

192.168.1.1, 192.168.1.2, 192.168.1.3, 192.168.1.4, 192.168.1.5, 192.168.1.6,



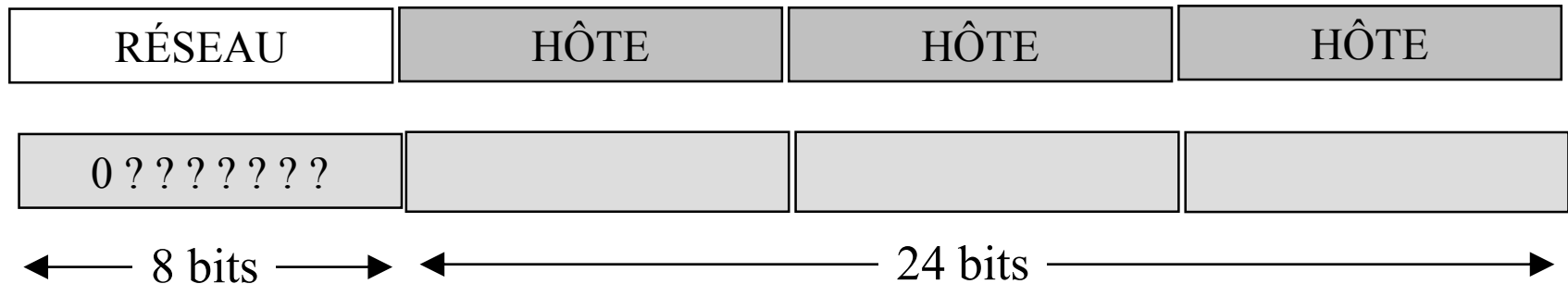
Classes d'adresse IP

- La taille de la partie réseau (net-id) détermine la classe de l'adresse
- Les adresses IP sont classées en 3 classes :



Adresse IP de classe A

- 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

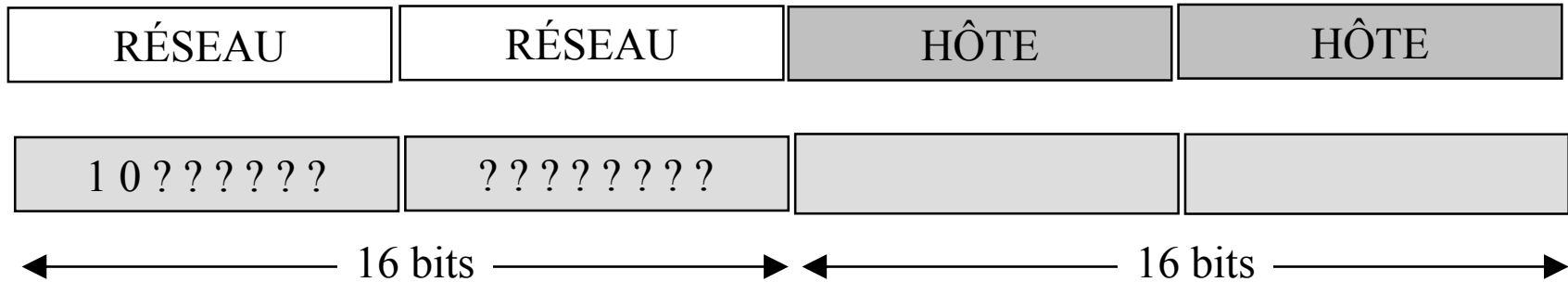
Exemple :

90.25.48.10 correspond à une adresse de classe A :

01011010 00011001 00110000 00001010

Adresse IP de classe B

- Les 2 premiers octets sont réservés au réseau, les 2 octets (16 bits) suivants sont réservés aux 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

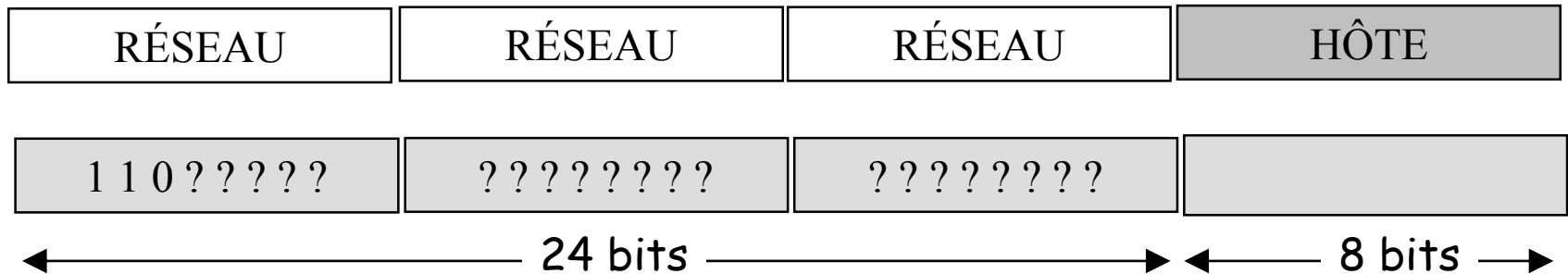
Exemple :

130.100.20.10 correspond à une adresse de la classe B :

10000010 01100100 00010100 00001010

Adresse IP de classe C

- Les 3 premiers octets sont réservés au réseau, l'octet (8 bits) 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

Exemple :

192.5.5.11 correspond à une adresse de classe C :

11000000 00000101 00000101 00001011

Classes d'adresses Particulières

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

Classe D



Classe E



Exemple :

- L'adresse 226.5.5.11 est de classe D

11100010 00000101 00000101 00001011

- L'adresse 242.5.5.11 est de classe E

11110010 00000101 00000101 00001011

Intervalle d'Adresse IP de classe A, B, C

- **classe A**

De: **00000000 . 00000000 . 00000000 . 00000000**

À : **01111110 . 11111111 . 11111111 . 11111111**

La plage d'adresses possibles de: **0.0.0.0** à **126.255.255.255**

- **classe B**

de **10000000 . 00000000 . 00000000 . 00000000**

à **10111111 . 11111111 . 11111111 . 11111111**

La plage d'adresses possibles de: **128.0.0.0** à **191.255.255.255**

- **classe C**

de **11000000 . 00000000 . 00000000 . 00000000**

à **11 011111 . 11111111 . 11111111 . 11111111**

La plage d'adresses possibles de: **192.0.0.0** à **223.255.255.255**

Intervalle d'Adresse IP de classe D et E

- **Classe D :**

de **11100000 . 00000000 . 00000000 . 00000000**

à **11101111 . 11111111 . 11111111 . 11111111**

La plage d'adresses possibles de: **224.0.0.0 à 239.255.255.255**

- **Classe E :**

de **11110000 . 00000000 . 00000000 . 00000000**

à **11110111 . 11111111 . 11111111 . 11111111**

La plage d'adresses possibles de **240.0.0.0 à 247.255.255.255**

- **Remarque :**

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

Valeurs particulières : Adresse d'un réseau

- La partie hôte de l'adresse ne peut pas être composée exclusivement de 0 → (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.
- **Exemple :**
- Dans l'adresse de classe A 90.25.48.10 :
l'adresse 90.0.0.0 correspond à une adresse de réseau.
- Dans l'adresse de classe B 130.100.20.10 :
l'adresse 130.100.0.0 correspond à une adresse de réseau.
- Dans l'adresse de classe C
192.5.5.11: l'adresse 192.5.5.0 correspond à une adresse de réseau.
- Une adresse réseau ne peut pas être attribuée à une machine (adresse non valide)

Valeurs particulières : le broadcast

- **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
- Quant une adresse **ne contient que des 1 dans la partie hôte**. Elle est appelée **adresse de diffusion (broadcast)**

Exemple :

- L'adresse de diffusion correspondant à l'adresse de Classe A 90.25.48.10 est 90.255.255.255
- L'adresse de diffusion correspondant à l'adresse de Classe B 130.100.20.10 est 130.100.255.255
- L'adresse de diffusion correspondant à l'adresse de Classe C 192.5.5.11 est 192.5.5.255
- Une adresse de broadcast ne peut pas être attribué a une machine (adresse non valide)

Masque de réseau

- 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 → /8**
- **Classe B: 255.255.0.0 → /16**
- **Classe C: 255.255.255.0 → /24**

Exemple 1 : classe A

- Soit l'Adresse IP : **12.30.10.2** avec le masque de sous-réseau : **255.0.0.0** → **12.30.10.2 /8**

Informations sur le réseau :

- La classe : A
- Nombre de bits pour réseau : 8
- Nombre de bits d' Hôtes : 24
- Identité de réseau : 12.0.0.0
- Adresse broadcast : 12.255.255.255
- Adresse valide du premier Hôte du réseau : 12.0.0.1
- Adresse valide du dernier Hôte du réseau : 12.255.255.254

Exemple 2: classe B

- Soit l'adresse IP : **172.30.10.2** Masque de sous-réseau **255.255.0.0** → 172.30.10.2 /16

Informations réseau :

- La classe : B
- Nombre de bits pour réseau : 16
- Nombre de bits d' Hôtes : 16
- Identité de réseau : 172.30.0.0
- Adresse broadcast : 172.30.255.255
- Adresse valide du premier Hôte du réseau : 172.30.0.1
- Adresse valide du dernier Hôte du réseau : 172.30.255.254

Exemple 3: classe C

- Soit l'adresse IP : **192.130.10.2** Masque de sous-réseau : **255.255.255.0** → 192.130.10.2 /24

Informations réseau :

- La classe : C
- Nombre de bits pour réseau : 24
- Nombre de bits d' Hôtes : 8
- Identité de réseau : 192.130.10.0
- Adresse broadcast : 192.130.10.255
- Adresse valide du premier Hôte du réseau : 192.130.10.1
- Adresse valide du dernier Hôte du réseau : 192.130.10.254

Résumé

	Plage	Bits	Forme	Masque par défaut	Nombre réseaux	Hôtes par réseau (adresses utilisables)
A	1 - 126	0	R.H.H.H	255.0.0.0	126 ($2^7 - 2$)	16,777,214 ($2^{24} - 2$)
B	128 - 191	1 0	R.R.H.H	255.255.0.0	16,382 ($2^{14} - 2$)	65,534 ($2^{16} - 2$)
C	192 - 223	1 1 0	R.R.R.H	255.255.255.0	2,097,150 ($2^{21} - 2$)	254 ($2^8 - 2$)

Adresses réseau publiques et Adresses IP privées

- L'adresse réseau publique est utilisée pour les serveurs sur Internet (mail , web ,ftp,....) → accessible de l'extérieur .
- Si les machines d'un réseau n'ont pas besoin d'être visibles de l'extérieur. Cela ne nécessite pas d'avoir une adresse IP publique → on peut alors utiliser des adresses de réseau privé .

Nombres de réseaux par classe:

- 1 réseau de classe A : **Classe A:** 10.0.0.0
- 16 réseaux de classe B : **Classe B:** 172.16.0.0 → 176.31.0.0
- 256 réseaux de classe C : **Classe C:** 192.168.0.0 → 192.168.255.0

Attribution d'adresse IP à une machine

Il existe plusieurs façons d'attribuer une adresse IP à un équipement:

- Certaines machines possèdent toujours la même adresse (**adresse statique**) : cette adresse est attribuée d'une manière manuelle (en utilisant une commande ou via une interface graphique).
- Exemple : la commande suivante sous Linux permet d'attribuer une adresse IP:

```
ifconfig eth0 192.168.3.4 netmask 255.255.255.
```
- Certaines machines possèdent une adresse qui change à chaque démarrage (**adresse dynamique**) : cette adresse est attribuée d'une façon dynamique et automatique par une autre machine (serveur DHCP : Dynamic Host Configuration Protocol).

Adresses IP privées → Utilisés dans un réseau Privé

- Si les machines d'un réseau n'ont pas besoin d'être visibles de l'extérieur.
- Cela ne nécessitent pas d'avoir une adresse IP publiques → on peut alors utiliser des adresses de réseau privé .
- 1 réseau de classe A : **Classe A:** 10.0.0.0
- 16 réseaux de classe B : **Classe B:** 172.16.0.0 → 176.31.0.0
- 256 réseaux de classe C **Classe C:** 192.168.0.0 → 192.168.255.0

Pourquoi créer des sous-réseaux ?

- Le principal problème de l'adressage IP est le gaspillage de l'espace d'adressage → des adresses réservées mais non attribuées .
- Par exemple :
 - Si on dispose de 50 machines dans un réseau → 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 → 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** → cela revient a prendre **une partie (sous réseaux) du réseaux global** au lieu de prendre la totalité des adresses offertes par ce réseau .

- Dans l'exemple on a besoin de 50 adresses pour 50 machines
- On divise le réseau globale (192.200.12.0) en 4 sous-réseaux → chaque sous-réseaux comporte 64 adresses .
- On utilise l'un de ces sous réseaux pour notre besoin et les autres peuvent être utilisés ailleurs .

193.220.12.0

Sous réseaux 1 :
de 193.220.12.0
À 192.168.12.63

Sous réseaux 2 :
De 193.220.12.64
À 192.168.12.128

Sous réseaux 3 :
De 193.220.12.129
À 192.168.12.191

Sous réseaux 4 :
De :192.220.12.192
À :192.168.12.255

- Comment déterminer les sous réseaux (l'adresse de chaque sous réseaux) ?
- Comment calculer le masque des sous réseaux ?
- Comment calculer l'intervalle des adresses valides de chaque sous réseaux ?
- Comment calculer l'adresse du broadcast de chaque sous réseaux ?

Principe du découpage en sous-réseaux

Pour effectuer ce découpage :

- Prendre **n bits de la partie hôte** → ces bits doivent être réattribués à la partie réseau dans l'adresse.
- Le nombre de bits empruntés dépend du nombre de sous réseaux qu'on veut avoir et le nombre de machines dans chaque sous réseaux

Exemple :

- 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)
→ 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

- 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.

Exemple 1

- Soit l'adresse du réseau de la classe C : 192.55.12.0
En binaire : 11000000.00110111.00001100.00000000
Supposant qu'on veut avoir **deux sous réseaux** (128 adresses dans chaque sous réseaux)?
- Dans ce cas on prend un bit de la partie hôte (dernier octet).
11000000.00110111.00001100.00000000
- Le premier sous réseaux :
11000000.00110111.00001100.00000000 qui est le 192.55.12.0
(intervalle d'adresse : 192.55.12.0 - 192.55.12.127)
- Le deuxième sous réseaux :
11000000.00110111.00001100.10000000 qui est le 192.55.12.128
(intervalle d'adresse : 192.55.12.128 - 192.55.12.255)

Exemple 2

- 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) 11000000.00110111.00001100.00000000
- Le premier sous réseaux :
11000000.00110111.00001100.00000000 qui est le 192.55.12.0
(intervalle d'adresse : 192.55.12.0 - 192.55.12.63)
- Le deuxième réseaux :
11000000.00110111.00001100.01000000 qui est le 192.55.12.64
(intervalle d'adresse : 192.55.12.64 - 192.55.12.127)
- Le deuxième réseaux :
11000000.00110111.00001100.10000000 qui est le 192.55.12.128
(intervalle d'adresse : 192.55.12.128 - 192.55.12.191)
- Le deuxième réseaux :
11000000.00110111.00001100.11000000 qui est le 192.55.12.192
(intervalle d'adresse : 192.55.12.192 - 192.55.12.255)

Masque des sous-réseaux

- 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
 - et laisser les bits restant de la partie hôte à zéro .

Exemple 1:

- Avec deux sous réseaux , pour l'adresse de la classe C 192.55.12.0.
Masque par défaut (255.255.255.0) : 11111111. 11111111. 11111111.00000000
- Le masque des nouveaux sous réseaux :
11111111. 11111111. 11111111. **1**0000000 → 255.255.255.128 ou bien /25
- Donc Le premier sous réseaux : 192.55.12.0/25
Le deuxième sous réseaux : 192.55.12.128/25

Adresse de broadcast pour les sous réseaux

- Dans le cas des sous réseaux l'adresse du broadcast n'est pas la même pour tout 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

Exemple 2:

- Supposant qu'on veut avoir 4 sous réseaux :
- Dans ce cas on prend deux bits de la partie hôte
11000000.00110111.00001100.00000000
- Nombre de bits empruntés = 2 bits :

Le nouveau masque 11111111. 11111111. 11111111. 11000000 → 255.255.255.192

Exemple 2 (suite) :

- Le premier réseaux : 192.55.12.0/26 .
- Le deuxième réseaux : 192.55.12.64/26 .
- Le troisième réseaux : 192.55.12.128/26 .
- Le quatrième réseaux : 192.55.12.192/26 .

- Le premier réseaux 192.55.12.0 : 11000000.00110111.00001100.00000000
L'adresse de broadcast 11000000.00110111.00001100.00111111 → 192.55.12.63

- Le deuxième réseaux 192.55.12.64 : 11000000.00110111.00001100.01000000
L'adresse de broadcast 11000000.00110111.00001100.01111111 → 192.55.12.127

- Le deuxième réseaux 192.55.12.128 : 11000000.00110111.00001100.10000000
L'adresse de broadcast 11000000.00110111.00001100.10111111 → 192.55.12.191

- Le deuxième réseaux 192.55.12.192 : 11000000.00110111.00001100.11000000
L'adresse de broadcast 11000000.00110111.00001100.11111111 → 192.55.12.255

Intervalle des adresses valides

- 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) 11000000.00110111.00001100.00000000
- Le premier sous réseaux : 11000000.00110111.00001100.00000000
192.55.12.0 (adresse valide : 192.55.12.1 - 192.55.12.63)
- Le deuxième réseaux : 11000000.00110111.00001100.01000000
192.55.12.64 (adresse valide : 192.55.12.65 - 192.55.12.126)
- Le troisième réseaux : 11000000.00110111.00001100.10000000
192.55.12.128 (adresse valide : 192.55.12.129 - 192.55.12.190)
- Le quatrième réseaux : 11000000.00110111.00001100.11000000
192.55.12.192 (adresse valide : 192.55.12.193 - 192.55.12.254)