



# CHAPITRE

## Adressage IP V4



*Unité Pédagogique: Réseau*  
*Unité d'enseignement: Réseaux IP et Routage*

# Plan du cours

---

- La Couche réseau du modèle OSI
- Le protocole IP
  - Génération de paquet IP
  - Entête IP
- Adressage IP v4
  - Format d'adresse IP
  - Classes d'adresses IP
  - Pré-requis: Conversion binaire/décimale
  - Adresses spéciales
  - Calcul adresse réseau, de diffusion
  - Subnetting (classfull)
- Adressage sans classe (classless)
  - Notation CIDR
  - VLSM
- TD

# La couche réseau

---

- La couche réseau (couche 3 OSI) fournit des services pour l'échange des éléments de données sur le réseau entre des périphériques finaux. Pour effectuer ce transport de bout en bout, la couche 3 utilise quatre processus de base :
  1. l'adressage
  2. l'encapsulation
  3. le routage
  4. la décapsulation

# Le protocole IP

---

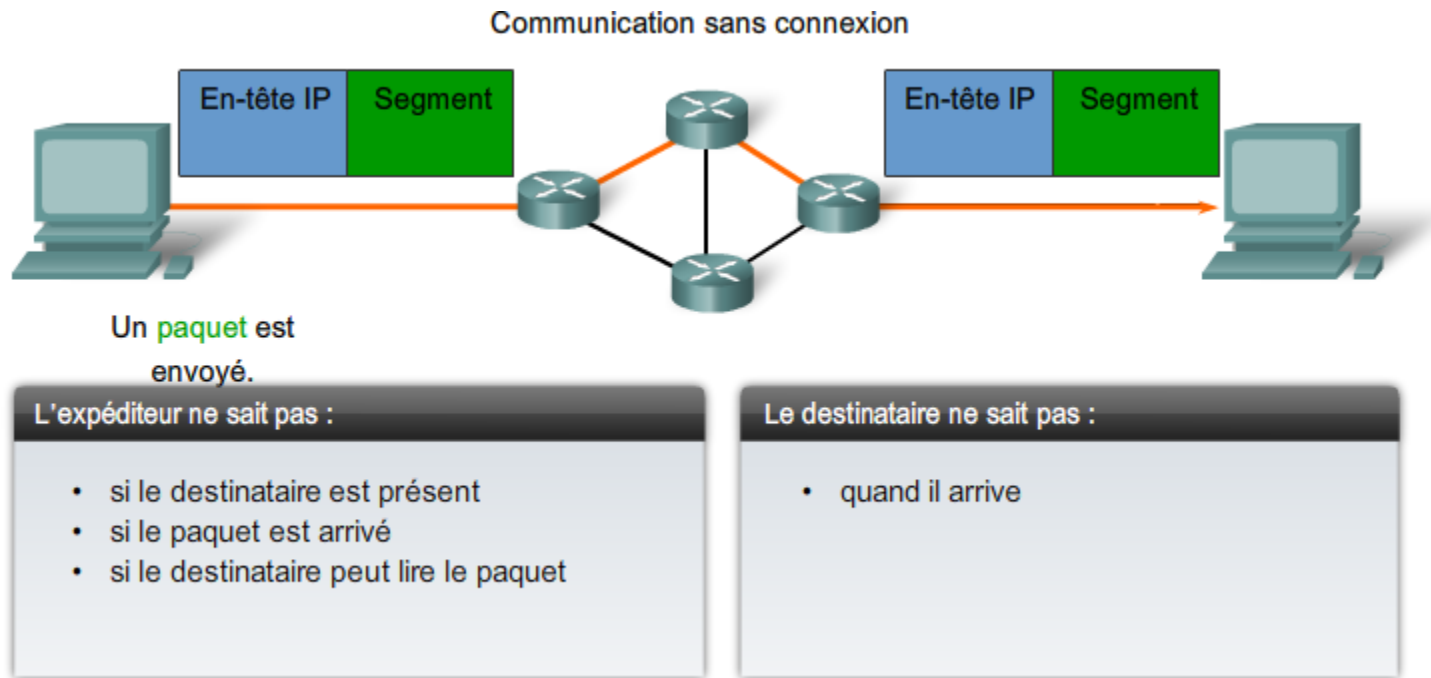
- Le protocole de la couche réseau le plus répandu est le protocole IP (\*)
- IP pour « Internet Protocol » est utilisé pour transporter des données utilisateur sur le réseau
- IP v4 a pour caractéristiques:
  - ✓ Sans Connexion: aucune connexion n'est établie avant l'envoi de paquets de données.
  - ✓ Au mieux (peu fiable) : aucune surcharge n'est utilisée pour garantir la transmission des paquets.
  - ✓ Indépendant du média transportant les données.

---

(\*) CCNA Exploration 2 (v4.0)

# Le protocole IP

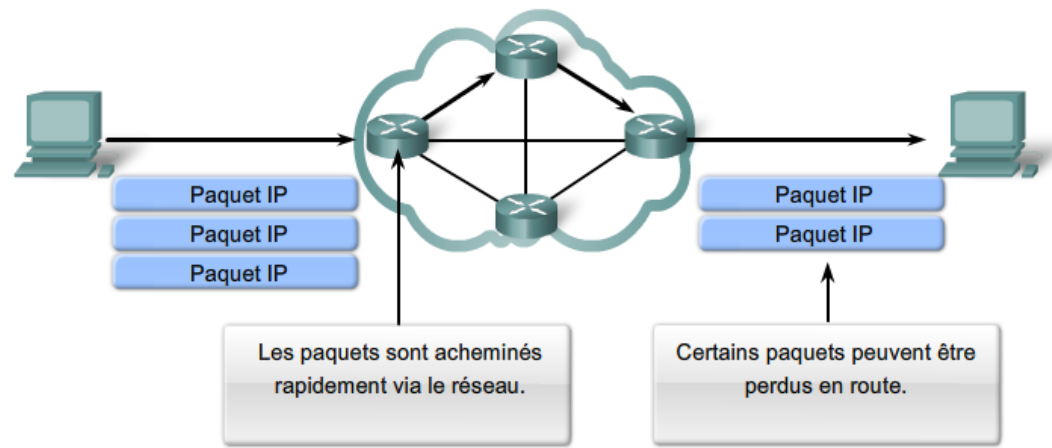
- Sans connexion:



# Le protocole IP

- Service au mieux(Best Effort):

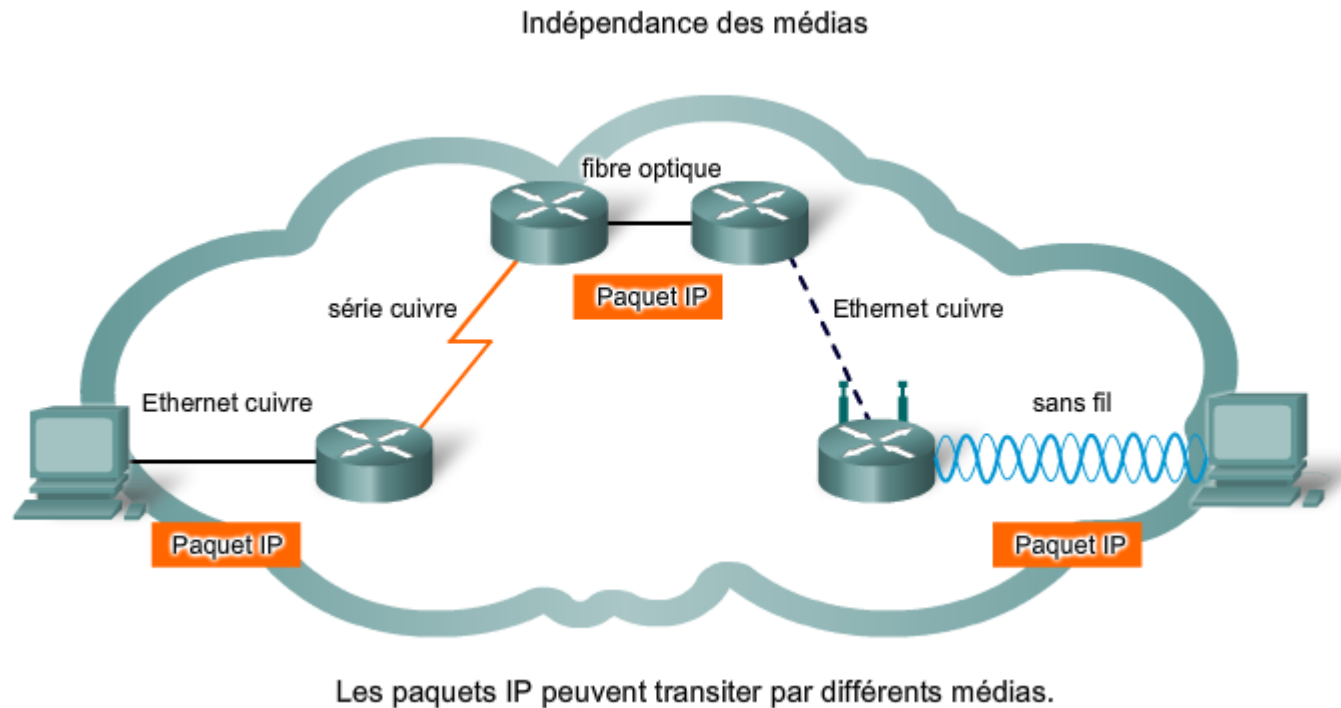
Peu fiable signifie simplement que le protocole IP n'a pas la capacité de gérer ni de récupérer des paquets non délivrés ou corrompus.



Protocole de couche réseau peu fiable, IP ne garantit pas que tous les paquets envoyés seront reçus.

# Le protocole IP

- Indépendant des médias:



# Le protocole IP

---

- La couche réseau tient compte, cependant, d'une caractéristique majeure : la taille maximale d'unité de données de protocole que chaque média peut transporter. Cette caractéristique est désignée comme unité de transmission maximale (MTU).
- Dans certains cas, un périphérique intermédiaire (généralement, un routeur) devra scinder un paquet lors de sa transmission d'un média à un autre avec une MTU inférieure. Ce processus est appelé fragmentation du paquet.

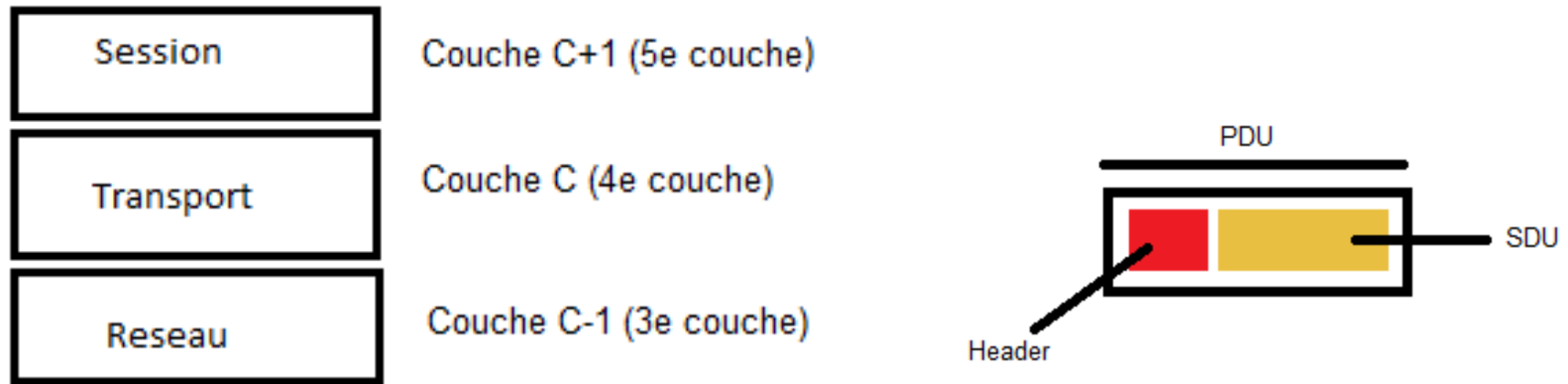


# Le protocole IP

---

- Dans un modèle en couches, la couche en cours utilise les services de la couche au-dessous d'elle qui, à son tour, en offre pour la couche du dessous.
- Cette corrélation indique bien que certaines informations peuvent se retrouver d'une couche à une autre. Cela n'est possible que grâce au principe d'encapsulation.

# Le protocole IP

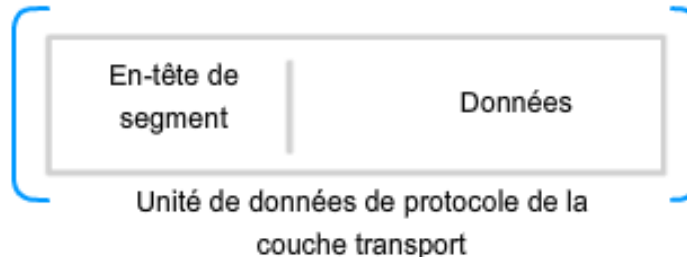


- SDU(Service Data Unit): constitue l'information que 2 entités paires échangent, mais c'est également ce que la couche C+1 de l'émetteur va transmettre à la couche C
- PDU(Protocol Data Unit): Pour transmettre une SDU, il se peut qu'une entité de la couche C ait besoin de la fragmenter en plusieurs morceaux. Au moment de l'échange avec son entité paire, chaque morceau reçoit des informations de contrôle de protocole, ou PCI (Protocol Control Information) dans un en-tête, et le tout est envoyé séparément comme unité de données de protocole, ou PDU

# Le protocole IP

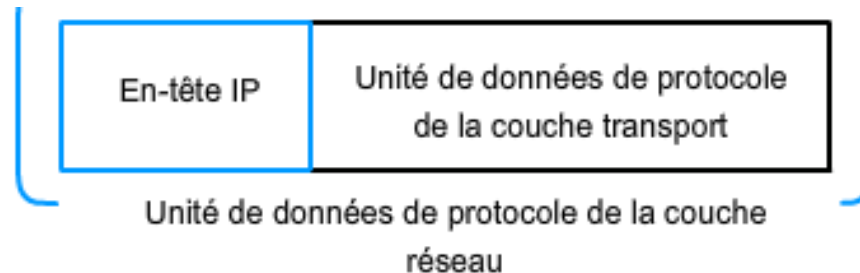
## Génération de paquet IP

Encapsulation de la couche transport

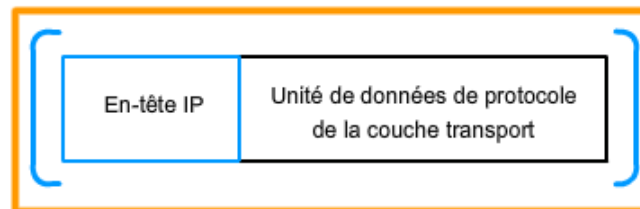


La **couche transport** ajoute un en-tête pour que les segments puissent être pris en compte et réordonnés à destination.

Encapsulation de la couche réseau



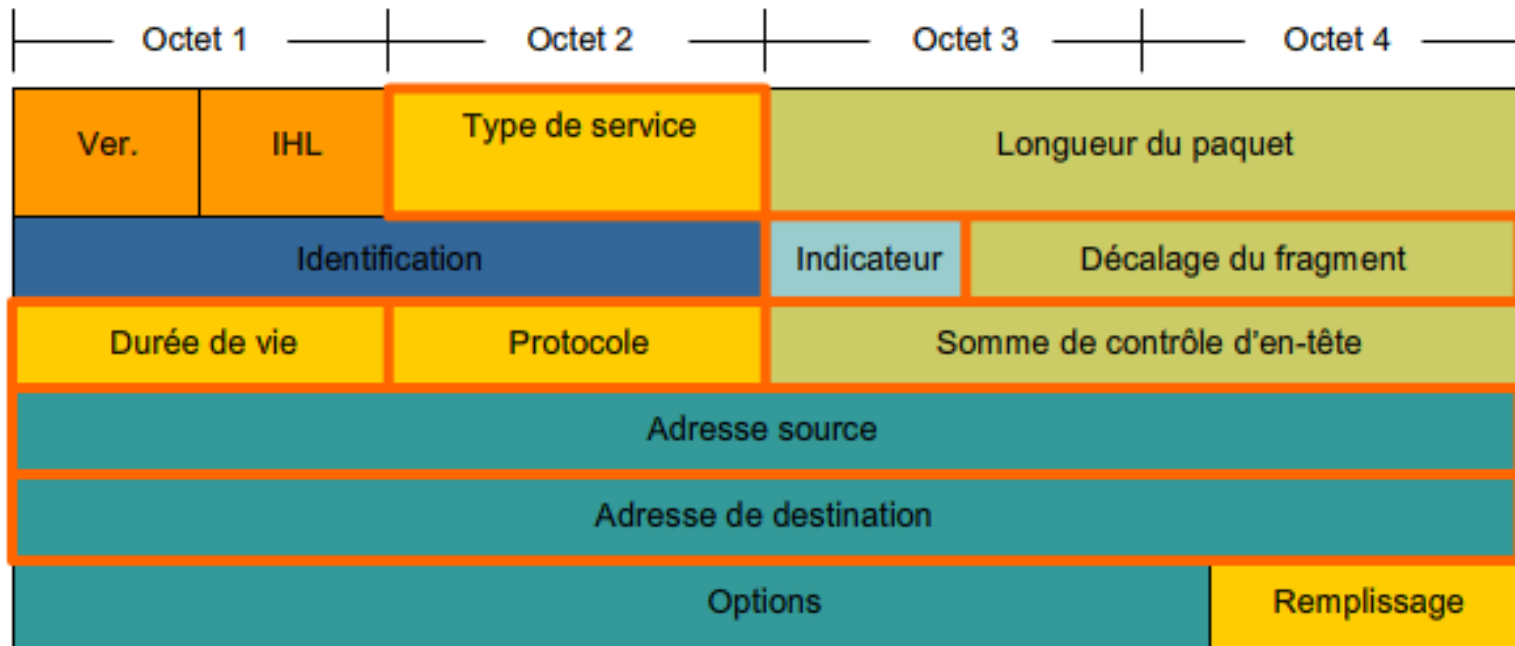
La **couche réseau** ajoute un en-tête pour que les paquets puissent être acheminés via des réseaux complexes et atteignent leur destination.



**DATAGRAMME IP**

# Le protocole IP

Entête IP: taille minimum 20 octets



# Le protocole IP

---

## Entête IP: taille minimum 20 octets

- Premier mot:
  - ✓ ver.: numéro de version IP v4 ou v6
  - ✓ IHL: longueur de l'entête de paquet codé sur 4 bits et représente la longueur en mots de 32 bits de l'entête IP
  - ✓ Type de service (8 bits): utilisé pour définir la priorité de chaque paquet. Cette valeur permet d'appliquer un mécanisme de qualité de service (QoS) aux paquets de priorité élevée, tels que ceux transportant des données vocales de téléphonie (priorité, délai, débit, fiabilité, coût, MBZ)
  - ✓ Longueur de paquet : taille totale du paquet en octets

# Le protocole IP

---

Entête IP: taille minimum 20 octets

- Deuxième mot:

- ✓ Identification: ce champ sert principalement à identifier de manière unique les fragments d'un paquet IP d'origine. Chaque fragment possède le même numéro d'identification. Les entêtes IP des fragments sont identiques à l'exception des champs Longueur totale, Checksum et Position fragment.

- ✓ Indicateur: (drapeau de 3 bits) :

- Reserved:** positionné à 0

- DF (Do not Fragment)** : sur un bit ne pas fragmenter

- MF (More Fragments)** est positionné sur tous les fragments d'un datagramme sauf le dernier, ce qui permet de repérer le dernier fragment.

- ✓ Décalage du fragment: identifie l'ordre dans lequel le fragment doit être placé lors de la reconstruction.

# Le protocole IP

---

## Entête IP: taille minimum 20 octets

- Troisième mot:
  - ✓ Durée de vie (TTL: Time To Live): valeur binaire de 8 bits indiquant la durée de vie restante du paquet en secondes. La valeur TTL est décrémentée de 1 au moins chaque fois que le paquet est traité par un routeur (c'est-à-dire à chaque saut). Lorsque la valeur devient nulle, le routeur supprime ou abandonne le paquet et il est retiré du flux de données du réseau. Ce mécanisme évite que les paquets ne pouvant atteindre leur destination ne soient transférés infiniment d'un routeur à l'autre dans une boucle de routage.
  - ✓ Protocole: protocole de la couche supérieure qui traite le datagramme assemblé (UDP ou TCP ou ICMP...)
  - ✓ Somme de contrôle d'entête: pour vérifier l'absence d'erreurs dans l'en-tête de paquet.

# Le protocole IP

---

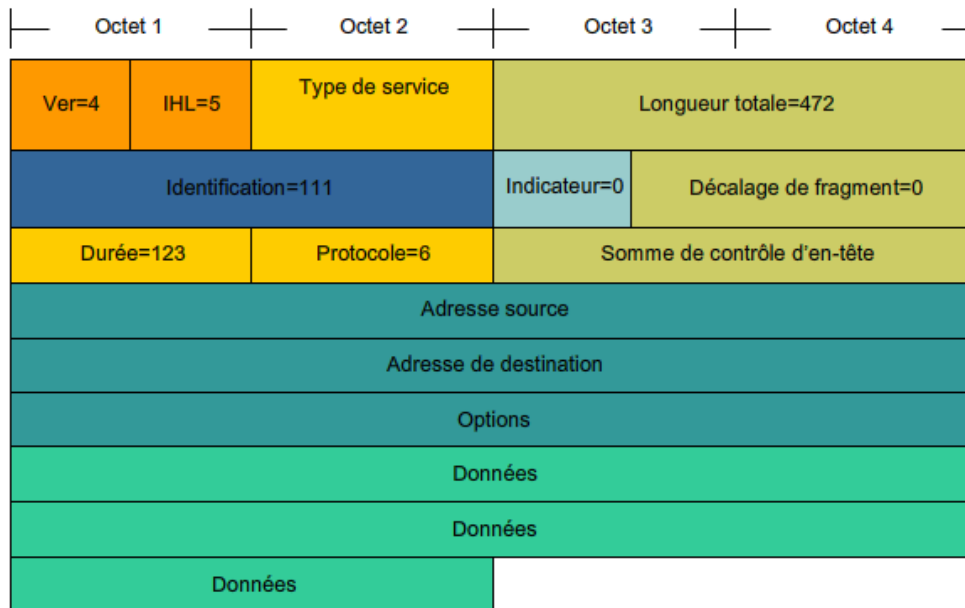
Entête IP: taille minimum 20 octets

- Quatrième mot:
  - ✓ Adresse IP source: contient une valeur binaire de 32 bits représentant l'adresse de l'hôte source du paquet dans le réseau.
- Cinquième mot:
  - ✓ Adresse IP destination: contient une valeur binaire de 32 bits représentant l'adresse de l'hôte destination du paquet dans le réseau.
- Sixième mot:
  - ✓ Options: rarement utilisé pour activer d'autres services
  - ✓ Remplissage: les bits de bourrage: : Remplissage pour aligner sur 32 bits.



# Le protocole IP

Paquet IPv4



**Ver = 4** : version IP.

**IHL = 5** : taille d'en-tête en mots de 32 bits (4 octets). Cet en-tête est de  $5 \times 4 = 20$  octets, la taille minimale valide.

**Longueur totale = 472** : la taille de paquet (en-tête et données) est de 472 octets.

**Identification = 111** : identifiant de paquet initial (requis s'il est fragmenté par la suite).

**Indicateur = 0** : stipule que le paquet peut être fragmenté si nécessaire.

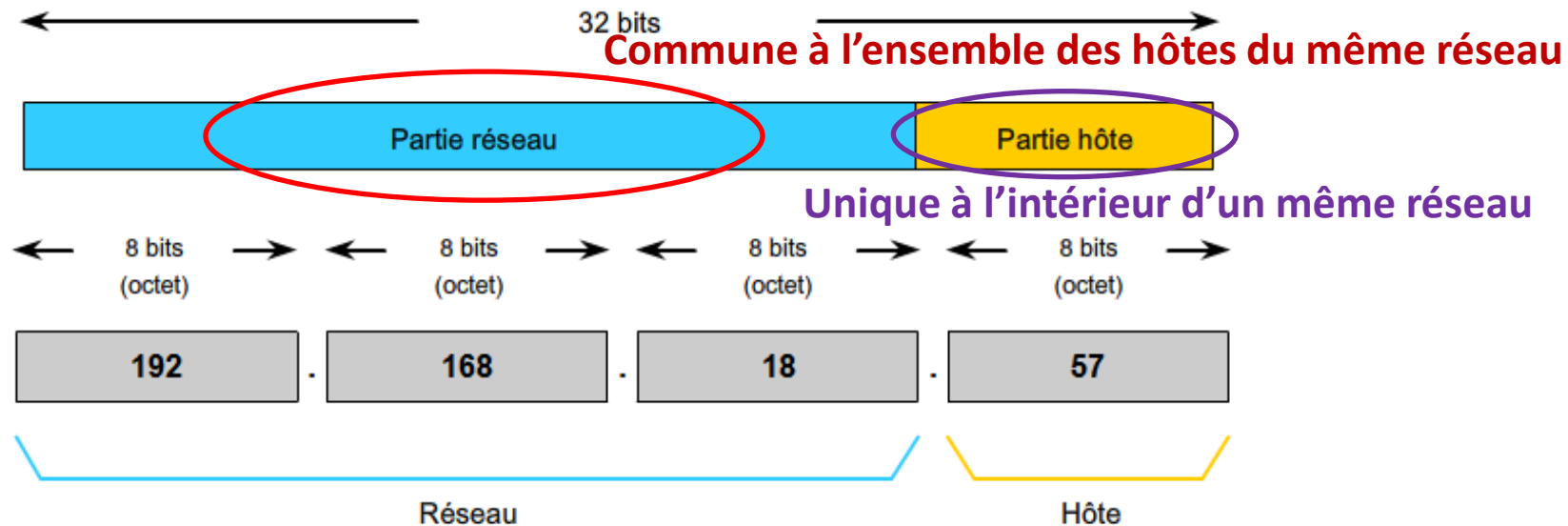
**Décalage du fragment = 0** : indique que ce paquet n'est pas fragmenté actuellement (absence de décalage).

**Durée de vie = 123** : indique le temps de traitement de la couche 3 en secondes avant abandon du paquet (décrémenté d'au moins 1 chaque fois qu'un périphérique traite l'en-tête de paquet).

**Protocole = 6** : indique que les données transportées par ce paquet constituent un segment TCP.

# Adressage IP v4

- Format (Net ID, Host ID)



Chaque octet peut varier de 0 à 255

# Adressage IP v4

- Les classes d'adresse IP (RFC 791)

**Classe A :**

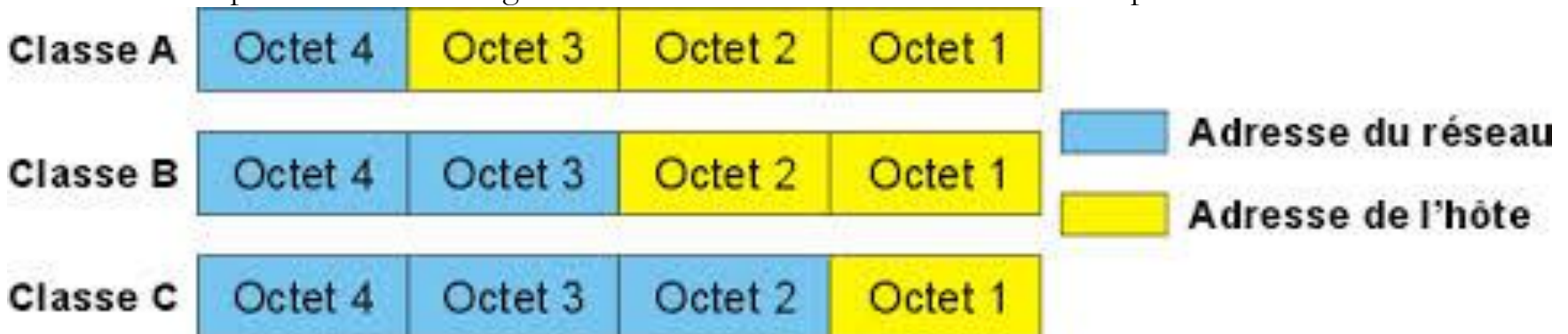
- Le premier octet a une valeur comprise entre 1 et 126 ; soit un bit de poids fort égal à **0**. Ce premier octet désigne le numéro de réseau et les 3 autres correspondent à l'adresse de l'hôte.

**Classe B :**

- Le premier octet a une valeur comprise entre 128 et 191 ; soit 2 bits de poids fort égaux à **10**.
- Les 2 premiers octets désignent le numéro de réseau et les 2 autres correspondent à l'adresse de l'hôte.

**Classe C :**

- Le premier octet a une valeur comprise entre 192 et 223 ; soit 3 bits de poids fort égaux à **110**.
- Les 3 premiers octets désignent le numéro de réseau et le dernier correspond à l'adresse de l'hôte



# Adressage IP v4 (classfull)

---

- Les classes d'adresse IP

Classe	Adresses réseau	Masque sous réseau par défaut	Nombre de réseaux	Nombre d'hôte par réseau
A	1.0.0.0 – 126.255.255.255	255.0.0.0	126	16 777 214
B	128.0.0.0 – 191.255.255.255	255.255.0.0	16 384	65 534
C	192.0.0.0 – 223.255.255.255	255.255.255.0	2 097 152	254

# Adressage IP v4 (classfull)

- Conversion décimale/binaire

Conversion de la notation décimale en binaire

172.16.4.20

Séparez et convertissez chaque nombre décimal séparément.

172

10101100

Commencez avec 172.

172 est supérieur à 128, placez un 1 à la position 128  
- 128 et soustrayez 128  
44 est inférieur à 64, placez un 0 à la position 64  
- 0  
44 est supérieur à 32, placez un 1 à la position 32  
- 32 et soustrayez 32  
12 est inférieur à 16, placez un 0 à la position 16  
- 0  
12 est supérieur à 8, placez un 1 à la position 8  
- 8 et soustrayez 8  
4 est égal à 4, placez un 1 à la position 4  
- 4 et soustrayez 4  
0 est inférieur à 2, placez un 0 à la position 2  
- 0  
0 est inférieur à 1, placez un 0 à la position 1  
- 0  
0 TERMINÉ

Réponse: 172 = 10101100

Équivalent en décimal si le bit est allumé

128	64	32	16	8	4	2	1
0	0	0	0	0	0	0	0
$2^7$	$2^6$	$2^5$	$2^4$	$2^3$	$2^2$	$2^1$	$2^0$

Un octet  
(8 bits)

Équivalent en puissance de deux du nombre décimal

Les réseaux de rém - cbebois.com

20  
00010100

# Adressage IP v4 (classfull)

- Conversion décimale/binaire (exercice)

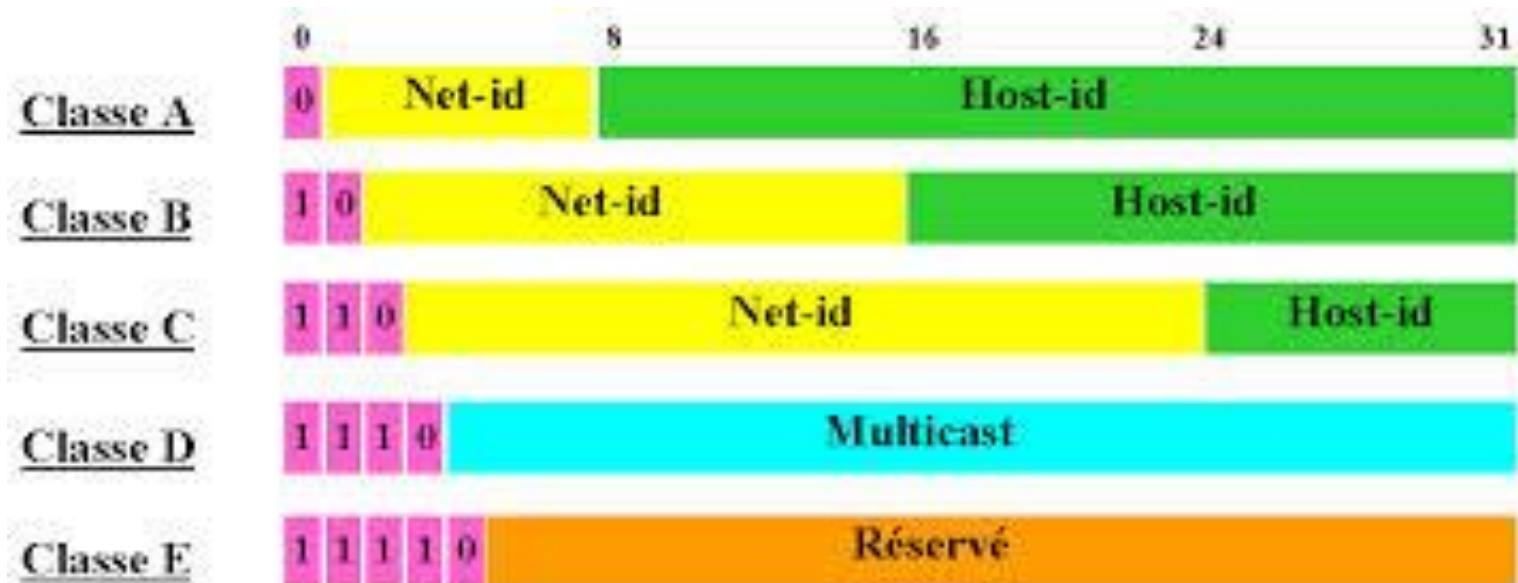
Pour une valeur décimale donnée, entrez les valeurs binaires correctes pour chaque position.

Valeur décimale	197							
Exposant	2 <sup>7</sup> th	2 <sup>6</sup> th	2 <sup>5</sup> th	2 <sup>4</sup> th	2 <sup>3</sup> rd	2 <sup>2</sup> nd	2 <sup>1</sup> st	2 <sup>0</sup>
Position	128	64	32	16	8	4	2	1
Bit	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Entrez les nombres pour ces 8 positions.

# Adressage IP v4 (classfull)

- Les classes d'adresse IP



# Adressage IP v4 (classfull)

---

- Les adresses spéciales

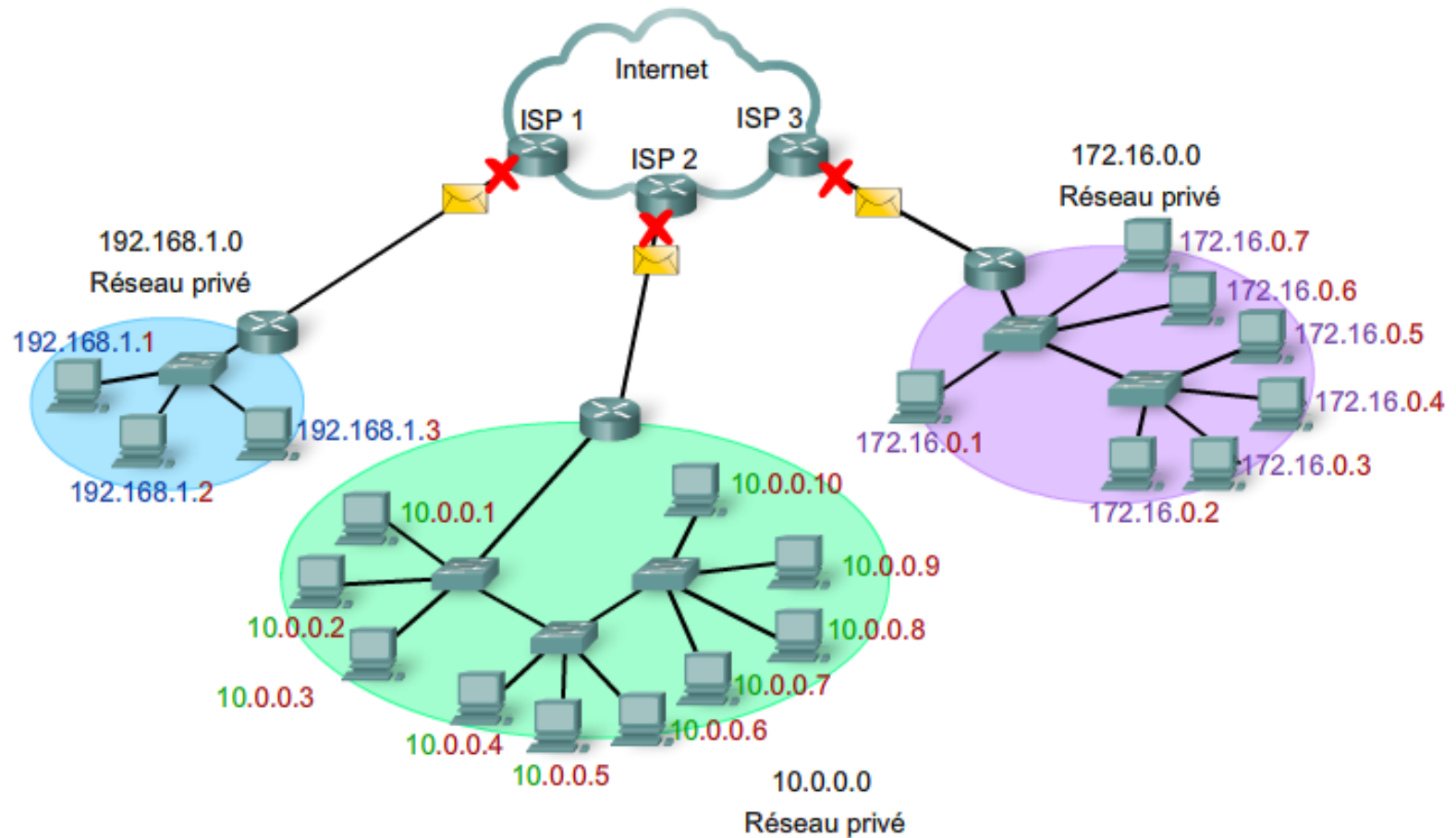
## Adresse Privée

Bien que la majorité des adresses d'hôte IPv4 soient des adresses publiques utilisées dans les réseaux accessibles sur Internet, d'autres blocs d'adresses sont attribués à des réseaux qui ne nécessitent pas d'accès à Internet, ou uniquement un accès limité. Ces adresses sont appelées des adresses privées. Les adresses des réseaux privés :

- La classe A : De **10.0.0.0** à **10.255.255.255**
- La classe B : De **172.16.0.0** à **172.31.255.255**
- La classe C : De **192.168.0.0** à **192.168.255.255**
- Elles sont réservées à la constitution de réseaux privés autrement appelés intranet.



# Adressage IP v4 (classfull)



# Adressage IP v4 (classfull)

---

- Les adresses spéciales

127.x.y.z

- C'est une adresse de re-bouclage (loopback ou encore localhost).
- Le message envoyé à cette adresse ne sera pas envoyé au réseau, il sera retourné à l'application par le logiciel de pilote de la carte.
- L'adresse IP 127.0.0.1 est utilisée pour la machine locale.

# Adressage IP v4 (classfull)

---

## Calcul de l'adresse réseau

- L'adresse réseau est généralement utilisée pour faire référence à un réseau.
- Dans la plage d'adresses IPv4 d'un réseau, la plus petite adresse est réservée à l'adresse réseau. Dans la partie hôte, cette adresse comporte un 0 pour chaque bit d'hôte.



Comment savoir combien de bits représentent la partie réseau et combien représentent la partie hôte ?



Pour exprimer une adresse réseau IPv4, nous ajoutons une longueur de préfixe à l'adresse réseau. La longueur de préfixe correspond au nombre de bits de l'adresse qui représentent la partie réseau appelé **masque sous réseau**.

# Adressage IP v4 (classfull)

---

## Calcul de l'adresse réseau

- **Définition empirique du masque:** Le masque est un séparateur entre la partie réseau et la partie machine d'une adresse IP.
- Le masque comme l'adresse IP est une suite de 4 octets, soit 32 bits. Chacun des ces bits peut prendre la valeur 1 ou 0:
  - Les bits à 1 représenteront la partie réseau de l'adresse
  - Les bits à 0 la partie machine
- Ainsi, on fera une association entre une adresse IP et un masque pour savoir dans cette adresse IP quelle est la partie réseau et quelle est la partie machine de l'adresse.

 L'adresse IP et le masque sont donc liés l'un à l'autre, même si l'on peut choisir l'un indépendamment de l'autre.

# Adressage IP v4 (classfull)

---

## Calcul de l'adresse réseau

- L'adresse IP d'une machine est : 192.168.25.132
- Le masque de mon sous réseau: 255.255.255.128
- Traduit en binaire :  
11000000.10101000.00011001.10000100  
11111111.11111111.11111111.10000000
- @ réseau (ET Logique)  
11000000.10101000.00011001.10000000
- Soit : 192.168.25.128
- Conclusion : on peut supposer que les machines de mon réseau local ont pour adresse : de 192.168.25.129 à 192.168.25.254

# Adressage IP v4 (classfull)

---

## Calcul de l'adresse de diffusion

- Elle permet de transmettre des données à l'ensemble des hôtes d'un réseau.
- L'adresse de diffusion correspond à la plus grande adresse de la plage d'adresses d'un réseau.
- Ça revient à mettre les bits correspondant à la partie Id host à 1

Exemple:

- Pour l'adresse 30.0.0.0 avec 8 bits réseau, l'adresse de diffusion est

30. 11111111.11111111.11111111  
          └──┬──┘ └──┬──┘ └──┬──┘  
30. 255 . 255 . 255

# Adressage IP v4 (classfull)

---

## Activité

Pour les adresses suivantes donner :

- La classe
- L'ID réseau et l'ID d'hôte
- si ce sont des adresses privées ou publiques
- Leurs traductions en binaire
- L'adresse réseau
- L'adresse machine
  - a. 10.21.125.32
  - b. 155.0.0.78
  - c. 192.168.25.69
  - d. 172.16.25.68
  - e. 1.1.1.1

# Adressage IP v4 (classfull)

## Activité

Adresse	Classe	Traduction en binaire	ID réseau	ID d'hôte	@ réseau	@ d'hôte	Type d'@
10.21.125.32	@ classe A	00001010 00010101 01111101 00100000	10	21.125.32	10.0.0.0	10.21.125.32	Privé
	Masque	11111111 00000000 00000000 00000000					
	Résultat ET logique	00001010 00000000 00000000 00000000					
155.0.0.78	@ classe B	10011011 00000000 00000000 01001110	155.0	.0.78	155.0.0.0	155.0.0.78	Public
	Masque	11111111 11111111 00000000 00000000					
	Résultat ET logique	10011011 00000000 00000000 00000000					
192.168.25.69	@ classe C	11000000 10101000 00011001 01000101	192.168.25	69	192.168.25.0	192.168.25.69	Privé
	Masque	11111111 11111111 11111111 00000000					
	Résultat ET logique	11000000 10101000 00011001 00000000					
172.16.25.68	@ classe B	10101100 00010000 00011001 01000100	172.16	.25.68	172.16.0.0	172.16.25.68	Privé
	Masque	11111111 11111111 00000000 00000000					
	Résultat ET logique	10101100 00010000 00000000 00000000					
1.1.1.1	@ classe A	00000001 00000001 00000001 00000001	1	1.1.1	1.0.0.0	1.1.1.1	Public
	Masque	11111111 00000000 00000000 00000000					
	Résultat ET logique	00000001 00000000 00000000 00000000					



# Adressage IP v4 (classfull)

---

- Jusque les années 1990, l'ensemble de l'espace d'adressage IPv4 était géré directement par l'IANA (Internet Assigned Numbers Authority).
- À cette époque, la gestion de l'espace d'adressage IPv4 restant était répartie entre différents autres registres, selon le type d'utilisation ou la zone géographique. Ces sociétés d'enregistrement s'appellent des registres Internet régionaux.

Les principaux registres :

- AfriNIC (African Network Information Centre) - Région Afrique
- APNIC (Asia Pacific Network Information Centre) - Région Asie/Pacifique
- ARIN (American Registry for Internet Numbers) - Région Amérique du Nord
- RIPE NCC (Réseaux IP européens) - Europe, Moyen Orient, Asie centrale

# Adressage IP v4 (classfull)

---

## Besoin de sous réseaux: subnetting

- **Isolation d'un réseau :** La division d'un grand réseau en plusieurs réseaux de taille inférieure permet de limiter l'impact d'éventuelles défaillances sur le réseau concerné.
- **Renforcement de la sécurité :** Sur un support de diffusion du réseau comme Ethernet, tous les nœuds ont accès aux paquets envoyés sur ce réseau. Si le trafic sensible n'est autorisé que sur un réseau, les autres hôtes du réseau n'y ont pas accès.

# Adressage IP v4 (classfull)

---

## Besoin de sous réseaux: subnetting

- Optimisation de l'espace réservé à une adresse IP : éviter l'utilisation de numéros de réseau IP supplémentaires pour chaque réseau physique.
- Limiter les congestions.
- La connexion de tous les nœuds à un seul support de réseau peut s'avérer impossible, difficile ou coûteuse lorsque les nœuds sont trop éloignés les uns des autres.
- Optimisation des tables de routage

# Adressage IP v4 (classfull)

## Comment créer des sous réseaux: subnetting

- Les masques de sous-réseaux (*subnet mask*) permettent de segmenter un réseau en plusieurs sous-réseaux. On utilise alors une partie des bits de l'adresse d'hôte pour identifier des sous-réseaux: Ainsi, le masque de sous-réseau d'une adresse de classe B commencera toujours par 255.255.xx.xx
- Pour connaître l'adresse du sous-réseau auquel une machine appartient, on effectue en réalité un *ET logique entre l'adresse de la machine et le masque*.



Combien de bits on va prendre de la partie ID host pour les sous réseaux?



**La formule:** Si je veux créer (n) sous réseaux, je vais emprunter (b) bits de

la partie Id host tel que  $2^b \geq n$

**Nombre de machines =  $2^{(m-b)} - 2$  avec m nombre de bits de Id\_host** 36

# Adressage IP v4 (classfull)

---

Comment créer des sous réseaux: subnetting

Masque de sous réseau



1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

# Adressage IP v4 (classfull)

## Comment créer des sous réseaux: subnetting

Exemple: soit l'adresse réseau 192.168.10.0

si j'ai besoin de créer 2 sous réseaux

⇒ Je vais emprunter **1** bits pour identifier les sous réseaux

sous réseau 1: 192.168.10. <b>0</b> xxxxxxxx	{ Adresse réseau: 192.168.10.0 Adresse de diffusion :192.168.10.127
sous réseau 2: 192.168.10. <b>1</b> xxxxxxxx	
	{ Adresse réseau: 192.168.10.128 Adresse de diffusion :192.168.10.255

Masque sous réseau restrictif: 255.255.255.128

nombre de machine =  $2^{(8-1)} - 2 = 126$  adresses

# Adressage IP v4 (classfull)

---

## Comment créer des sous réseaux: subnetting

### Activité:

A partir du masque sous réseau 255.255.255.224 et sachant que vous travaillez avec la classe C

- Chercher le nombre de sous réseaux?
- Chercher l'adresse du premier sous réseau et l'adresse de diffusion du dernier sous réseau?
- Chercher le nombre de machines dans chaque sous réseau?

# Adressage IP v4 (classfull)

## Comment créer des sous réseaux: subnetting

- Le nombre magique: L'incrément est donné par le dernier bit à 1

Exemple :

A partir du masque sous réseau 255.255.255.224 et sachant que vous travaillez avec la classe C

$2^7$	$2^6$	$2^5=32$	$2^4$	$2^3$	$2^2$	$2^1$	$2^0$
1	1	1	0	0	0	0	0

Le nombre magique =  $256 - 224 = 32$



# Adressage IP v4 (classfull)

## Inconvénients



- Les entreprises disposaient de l'intégralité d'une adresse réseau par classe. Que peut faire une entreprise de 16 millions d'adresses (Classe A) ?

Exemple:

Une entreprise dont l'informatique était basée sur de petites architectures réseaux hétérogènes décide de passer à Internet. Après en avoir fait la demande l'entreprise a obtenu l'adresse 193.1.1.0.

Compte tenu de l'organisation actuelle de l'entreprise l'ingénieur système doit définir au moins 6 sous-réseaux.

Compte tenu de l'évolution prévisible de l'entreprise, l'ingénieur système pense que le sous-réseau le plus important peut comporter à moyen terme 25 hôtes.

⇒ Un énorme gâchis en matière d'espace d'adressage

- La pénurie éventuelle en matière d'espace d'adressage IPv4.



**Adressage sans classe : classless**

# Adressage IP v4 (classless)

---

## CIDR

- IETF introduit le routage interdomaine sans classe (CIDR) (RFC 1517).
- Le CIDR permet :
  - une utilisation plus efficace de l'espace d'adressage IPv4.
  - une agrégation du préfixe réduisant la taille des tables de routage.
- La partie réseau de l'adresse est déterminée par le masque de sous-réseau du réseau, également connu sous le nom de « préfixe de réseau » ou de « longueur de préfixe » (noté /8, /19, etc.).
- Les fournisseurs de services Internet ne sont plus limités au masque de sous-réseau /8, /16 ou /24. Les blocs d'adresses IP peuvent ainsi correspondre aux exigences (de quelques hôtes à plusieurs centaines, ou plusieurs milliers) des clients des fournisseurs de services Internet.

# Adressage IP v4 (classless)

## VLSM

- CIDR utilise les masques de sous-réseau de longueur variable (VLSM).
- Le raisonnement de division en sous réseaux est réalisé à la base de nombre d'hôtes à satisfaire dans chaque sous réseau et non plus à la base de nombre de sous réseaux



Création d'un schéma d'adressage à la fois pour répondre aux besoins et ne pas gaspiller d'adresses potentielles.



**La formule:** Si je veux satisfaire un sous réseau avec  $n$  machines, je vais emprunter  $(p)$  bits de la partie Id host tel que  $(2^p) - 2 \geq n$  (les 2 adresses éliminées sont celles de l'adresse réseau et adresse de diffusion)

**Nombre de bits pour le codage sous réseau = card (Id\_host) - p**

# Adressage IP v4

## Agrégation de route supernetting

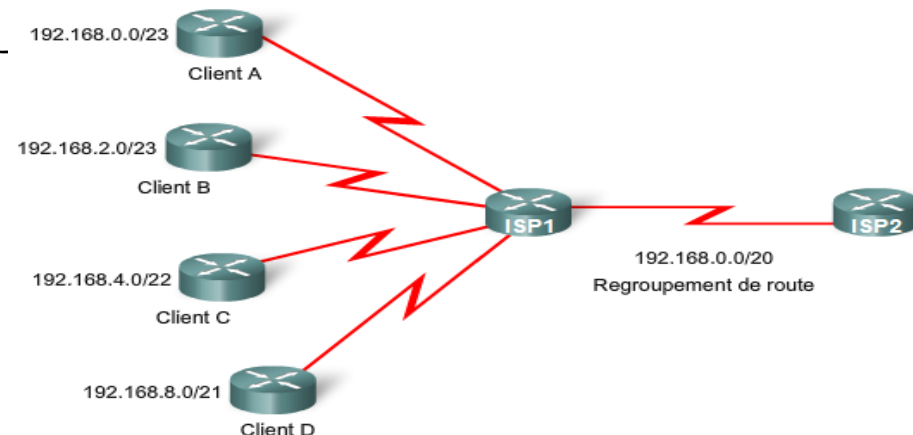
- ISP1 contient quatre clients possédant chacun une quantité variable d'espace d'adressage IP. Cependant, la totalité de l'espace d'adressage des clients peut être résumée en une seule annonce dans ISP2.

- La route résumée ou agrégée 192.168.0.0/20 comprend tous les réseaux appartenant aux clients A, B, C et D.

- Ce type de route est connu sous le nom

de route de super-réseau. Un super-réseau résume plusieurs adresses réseau ou sous-réseau, à l'aide d'un

*masque plus petit que celui correspondant à la classe*





Réf: chapitre 5, 6 CCNA1 v4.0



*Unité Pédagogique: Réseau*  
*Unité d'enseignement: Réseaux IP et Routage*