



# Cours Réseaux Informatiques 2

## IP version 6

Dr A. DJEFFAL

2<sup>ème</sup> année Master RTIC

2015-2016

[www.abdelhamid-djeffal.net](http://www.abdelhamid-djeffal.net)



# Adressage

## Adressage IPv4 (composition)

Cours Réseaux  
Informatiques

2

IP version 6

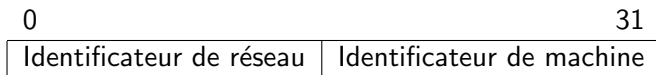
Dr A.  
DJEFFAL

IPv4

CIDR

IPv6

Les adresses IP permettent d'identifier à la fois les réseaux et les machines. Une adresse IP version 4 :



- Les identificateurs des réseaux sont contrôlés par le NIC (Network Information Center) en Californie
- Les identificateurs des machines sont contrôlés localement.



# Adressage

## Adressage IP (classes)

Cours Réseaux  
Informatiques

2

IP version 6

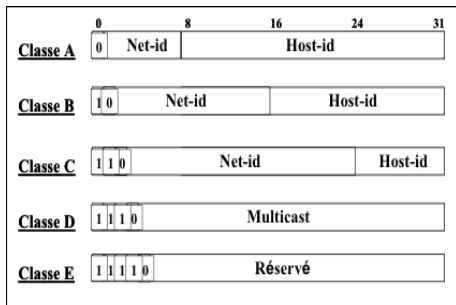
Dr A.  
DJEFFAL

IPv4

CIDR

IPv6

Les adresses IP sont organisées en cinq classes :





# Adressage

## Adressage IP (classes)

Cours Réseaux  
Informatiques

2

IP version 6

Dr A.  
DJEFFAL

IPv4

CIDR

IPv6

- La classe A : classe des très gros réseaux (126 réseaux de 17 millions machines).
- La classe B : classe des réseaux moyens (16384 réseaux de 65000 machines).
- La classe C : classe des réseaux locaux, la plus utilisé dans l'Internet (2 millions de réseaux de 254 machines)
- La classe D : classe de diffusion multiple (Multicast).
- La classe E : classe expérimentale, réservée à des usages d'essai ou des usages futurs.



# Adressage

## Adressage IP (Adresses particulières)

Cours Réseaux  
Informatiques

2

IP version 6

Dr A.  
DJEFFAL

IPv4

CIDR

IPv6

Adresses réservés dans chaque classe, en général :

- Un champ d'adresse (Netid ou Hostid) tout à 1 signifie tous les objets (réseaux ou machines) (utilisé pour la diffusion)
- Un champ d'adresse (Netid ou Hostid) tout à 0 signifie cet objet (réseau ou machine) (utilisé en cas d'ignorance des identificateurs)



## Exemples

- Adresse avec bits de à 0 : adresse du réseau
- Adresse avec bits de réseau à 0 : ce réseau
- Adresse all 1s : diffusion dans le réseau d'attache (démarrage).
- Adresse all 0s : cet ordinateur (démarrage).
- Adresse avec premier octet à 01111111 (127) : adresse de Rebouclage (communications intra-machine et tests)
- Adresses réservées à la constitution de réseaux intranet :
  - Classe A de 10.0.0.0 à 10.255.255.255,
  - Classe B de 172.16.0.0 à 172.31.255.255
  - Classe C de 192.168.0.0 à 192.168.255.255



# Adressage

## Adressage IP (Notation décimale)

Cours Réseaux  
Informatiques

2

IP version 6

Dr A.  
DJEFFAL

IPv4

CIDR

IPv6

IP binaires : difficiles à manipuler  $\Rightarrow$  notation décimale

10000000	00001010	00000010	00011110			
128	.	10	.	2	.	30

On écrit : 128.10.2.30



# Adressage

## Adressage IP (Notation décimale)

Cours Réseaux  
Informatiques  
2  
IP version 6

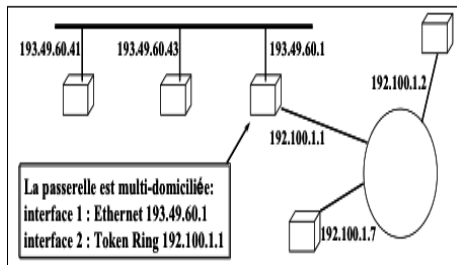
Dr A.  
DJEFFAL

IPv4

CIDR

IPv6

## Exemple







# Adressage

## Adressage IP (Exercices)

Cours Réseaux  
Informatiques

2

IP version 6

Dr A.  
DJEFFAL

IPv4

CIDR

IPv6

- 1 On veut émettre un message à tous les hôtes d'un réseau local d'adresse 1024. Quelle adresse IP utiliser en format binaire et décimal ?
- 2 Une machine peut-elle avoir plus d'une adresse IP ? Justifier.
- 3 Une adresse IP peut-elle être attribuée à plus d'une machine ? Justifier.
- 4 Donner les plages d'adresses (adresses basse et haute) des différentes classes et préciser le nombre de machines adressables.



# Adressage

## Adressage IP (Sous adressage)

Cours Réseaux  
Informatiques

2

IP version 6

Dr A.  
DJEFFAL

IPv4

CIDR

IPv6

### Explosion des réseaux locaux dans internet :

- Gestion difficile des adresses IP,
- Tables de routage gigantesques voire saturés.
- Classe C insuffisante.
- Classe B : Nombre de réseaux est insuffisant & Gestion de 65000 machines au sein de chaque réseau est très difficile.
- **D'où la nécessité de subdiviser.**



# Adressage

## Adressage IP (Sous adressage)

Cours Réseaux  
Informatiques

2

IP version 6

Dr A.  
DJEFFAL

IPv4

CIDR

IPv6

- Sous adressage : subnet addressing ou subnetting
- standardisée dans l'adressage IP
- permet d'utiliser une seule adresse réseau avec plusieurs réseaux (sous-réseaux)
- découper la partie machines en deux parties : sous-réseau + Machine.

0		31
NetID	HostID	
Partie Internet	Partie locale	
Partie Internet	Sous réseau	Machine

Ancienne adresse IP

Nouvelle adresse IP



# Adressage

## Adressage IP (Sous adressage)

Cours Réseaux  
Informatiques  
2

IP version 6

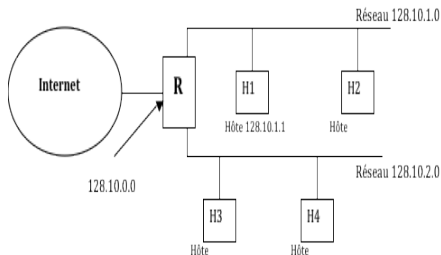
Dr A.  
DJEFFAL

IPv4

CIDR

IPv6

- Pour l'Internet : un seul réseau 128.10.0.0
- tous les datagrammes à destination sont traité de la même façon.
- R se sert du troisième octet (égal à 1 ou 2) pour diriger les paquets vers le bon sous-réseau





# Adressage

## Adressage IP (Sous adressage)

- Nombre de bits représentant le sous réseaux est laissé à l'administrateur local.
  - Si fixe : sous adressage fixe (utilisé souvent), compromis entre le nombre de réseaux et de machines.
  - sinon sous adressage variable : Entreprise compte à la fois de petits et de grands réseaux

Nombre de bits de sous réseau	Nombre de sous réseau	Nombre d'hôtes
2	2	16382
3	6	8190
4	14	4094
.	.	.
.	.	.
.	.	.



# Adressage

## Adressage IP (Masques de sous réseaux)

Cours Réseaux  
Informatiques

2

IP version 6

Dr A.  
DJEFFAL

IPv4

CIDR

IPv6

- TCP/IP : subnetting avec masque (subnet mask) enregistré sur chaque machine.
- Masque permet de connaître le nombre de bits attribués au sous-réseau et à la machine.
- Un masque : 32 bits
  - Bits à 1 : identificateur de réseau et de sous-réseau
  - bits à 0 : identificateur de machines.



# Adressage

## Adressage IP (Masques de sous réseaux)

Cours Réseaux  
Informatiques

2

IP version 6

Dr A.  
DJEFFAL

IPv4

CIDR

IPv6

### Exemples de masques

11111111	11111111	11111111	00000000
Réseau			Hôte
255	255	255	0
11111111	11111111	11110000	00000000
Réseau			Hôte
255	255	240	0
11111111	11111111	11111111	11110000
Réseau			Hôte
255	255	255	240



# Adressage

## Adressage IP (Utilisation des masques)

Cours Réseaux  
Informatiques

2

IP version 6

Dr A.  
DJEFFAL

IPv4

CIDR

IPv6

Une machine ayant : son adresse IP, un masque N et une adresse de destination d'un paquet calcule :

$$V = IP_{dest} \wedge N$$

- Si  $V = IP_{pres}$  alors la machine se trouve dans le même sous réseau et les messages lui sont envoyés directement (@ MAC)
- sinon les messages sont envoyés à une passerelle (routeur) (@ MAC) qui les transmet au reste du réseau qui se charge de les acheminer vers leur destination.





# Adressage

## Adressage IP (Utilisation des masques)

Cours Réseaux  
Informatiques

2

IP version 6

Dr A.  
DJEFFAL

IPv4

CIDR

IPv6

Une machine d'@ IP=128.10.1.2 et un masque de sous-réseau  
N=255.255.255.0 :

- IP sous réseau = IP machine  $\wedge$  N = 128.10.1.0
- Si IPDest=128.10.1.1, un "et" avec le masque donne 128.10.1.0, = IP sous réseau, donc le datagramme est destiné à une machine de ce même sous-réseau.
- Si IPDest= 128.10.2.1, un calcul du même genre donne 128.10.2.0 c'est-à-dire l'adresse d'un autre sous-réseau du même réseau. Le datagramme est envoyé au routeur (passerelle) qui l'aiguille au deuxième sous réseau
- Si l'adresse de destination est S.T.U.V (avec (S,T)  $\neq$  (128,10)) le résultat sera l'adresse d'un réseau différent de celui auquel appartient notre machine. Le datagramme est envoyé au routeur (passerelle) qui l'envoie au reste du réseau.



# Adressage

## Adressage IP (Sur adressage)

Cours Réseaux  
Informatiques

2

IP version 6

Dr A.  
DJEFFAL

IPv4

CIDR

IPv6

- Adressage par classe (classful) : inefficace devant la demande croissante d'@IP.
- Une entreprise voulant utiliser 2000 machines :
  - Classe C insuffisante (maximum : 254 machines).
  - Classe B (maximum 65534 machines), plus de 60 000 adresses inutilisées.
- Solution temporaire : CIDR (Classless Inter-Domain Routing)
- Solution définitive : IPv6



# Adressage

## Adressage IP (Sur adressage)

Cours Réseaux  
Informatiques

2

IP version 6

Dr A.  
DJEFFAL

IPv4

CIDR

IPv6

- CIDR (Classless Inter-Domain Routing) : regroupement de plusieurs " classe C " ou d'affecter une partie seulement d'une classe B.
- Cela permet de créer qu'une seule entrée dans la table de routage, là où il y en avait plusieurs.
- Notation : Adresse CIDR de la forme A.B.C.D/M où M est un entier appelé masque.
- Par exemple, dans la notation 172.20.41.7/16 :
  - Les 16 premiers bits de l'adresse désigne le réseau qui est donc 172.20.0.0
  - L'identifiant de machine est 0.0.41.7
  - Avec CIDR toutes les adresses de réseau sont annoncées avec leur masques.



# Adressage

## Adressage IP (Sur adressage)

Cours Réseaux  
Informatiques  
2  
IP version 6

Dr A.  
DJEFFAL

IPv4

CIDR

IPv6

### Exemple :

- 193.127.32.0 & 255.255.255.0 est équivalent à 193.127.32.0/24
- 193.127.33.0 & 255.255.255.0 est équivalent à 193.127.33.0/24
- Les 2 réseaux 193.127.32.0 & 193.127.33.0 peuvent être agrégés en 193.127.32.0 & 255.255.254.0 L'agrégat est noté : 193.127.32.0/23



## Saturation IPv4

- Limitation en terme d'adressage  
72 % des @ IPv4 au USA, 17% EU, ... (Vietnam 4 @ C)
- Limitation en terme de routage  
150.000 entrées dans les TR du coeur de l'Internet en mars 2002 et 20% de plus chaque année
- Limitation en terme de fonctionnalités  
QoS, Sécurité, Mobilité, configuration automatique, multicast difficile



# Adressage

## Adressage IPv6 (Nouveautés)

Cours Réseaux  
Informatiques

2

IP version 6

Dr A.  
DJEFFAL

IPv4

CIDR

IPv6

- IPv6 utilise des adresse de 128 bits
- entre 1000 et  $10^{19}$  adresses par  $m^2$  sur la Terre (océan compris)
- Mécanismes d'attribution automatique des adresses intégré.
- Taille du sous-réseau fixée à 64 bits (variable en IPv4)
- Adressage hiérarchique pour optimiser le routage Plus de niveaux d'hiérarchisation
- Couche IPSec intégrée au protocole (authentification et confidentialité).
- Extension du multicast et abandon du broadcast.
- Gestion de la mobilité.
- Possibilités de définition de la qualité de service
- Classification des paquets



# Adressage

## Adressage IPv6 (Types d'adresses)

Cours Réseaux  
Informatiques

2

IP version 6

Dr A.  
DJEFFAL

IPv4

CIDR

IPv6

- Unicast : une adresse pour chaque interface (équipement). Un paquet envoyé à une adresse unicast est délivré à une seule interface.
- Anycast : une adresse désigne un groupe d'interfaces. Un paquet envoyé à une adresse anycast est délivré à une des interfaces identifiées par l'adresse anycast.
- Multicast : une adresse désigne un groupe d'interfaces. Un paquet envoyé à une adresse multicast est délivré à toutes les interfaces identifiées par l'adresse multicast.



# Adressage

## Adressage IPv6 (Types d'adresses)

Cours Réseaux  
Informatiques

2

IP version 6

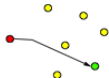
Dr A.  
DJEFFAL

IPv4

CIDR

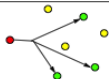
IPv6

Unicast



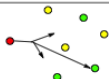
envoi d'une source à la destination correspondant à l'adresse

Multicast



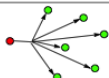
envoi d'une source à toutes les destinations correspondant à l'adresse

Anycast



envoi d'une source à l'une des destinations correspondant à l'adresse

*Broadcast*



envoi d'une source à tous. **N'existe pas en IPv6 !**





# Adressage

## Adressage IPv6 (Propriétés)

Cours Réseaux  
Informatiques

2

IP version 6

Dr A.  
DJEFFAL

IPv4

CIDR

IPv6

- Une interface (un équipement, un ordinateur, ...) peut avoir plusieurs adresses de types éventuellement différents (unicast, anycast et multicast).
- Broadcast (IPv4) absent, car pénalisant (traitement/chaque noeud même non concerné), Le multicast cible certains nœuds seulement, ce qui est plus économique.
- Regrouper des adresses hiérarchiquement, par réseau, par fournisseur d'accès Internet, géographiquement, par société, etc. Ce qui diminue les tables de routage.



# Adressage

## Adressage IPv6 (Codage des types)

Cours Réseaux  
Informatiques

2

IP version 6

Dr A.  
DJEFFAL

IPv4

CIDR

IPv6

Le type d'une adresse est indiqué par les premiers bits de cette adresse.

- Adresses globales de fournisseurs d'accès : préfixe = 010
- Adresses globales géographiques : préfixe = 100
- Adresses unicast sur lien local : préfixe = 1111 1110 10
- Adresses multicast : préfixe = 1111 1111



# Adressage

## Adressage IPv6 (structure d'@)

Cours Réseaux  
Informatiques

2

IP version 6

Dr A.  
DJEFFAL

IPv4

CIDR

IPv6

Préfixe	Sous-réseau	Interface
48 bits	16 bits	64 bits

- Préfixe : champ Réseau dans IPv4,
- Sous-réseau, Interface, idem.



# Adressage

## Adressage IPv6 (Notation hexadécimale)

Cours Réseaux  
Informatiques

2

IP version 6

Dr A.  
DJEFFAL

IPv4

CIDR

IPv6

Écriture hexadécimale, séparation par " :"

**2001 :0db8 :0000 :85a3 :0000 :0000 :ac1f :8001**

On peut :

- Omettre des 0 à gauche :  
"2001 :db8 :0 :85a3 :0 :0 :ac1f :8001"
- Omettre des groupes : "2001 :db8 : :85a3 : : :ac1f :8001"



# Adressage

## Adressage IPv6 (Notation)

Cours Réseaux  
Informatiques

2

IP version 6

Dr A.  
DJEFFAL

IPv4

CIDR

IPv6

Les adresses IP peuvent être écrites de trois manières :

- une forme hexadécimale complète : X :X :X :X :X :X :X :X où chaque X représente une valeur sur 16 bits ;
- une forme hexadécimale abrégée qui ressemble à la forme précédente mais dans laquelle les valeurs X égales à 0 sont condensées comme dans l'exemple suivant (attention l'abréviation :: ne peut apparaître qu'une seule fois dans une adresse) : 1 :0 :0 :0 :0 :0 :0 :15 s'écrit en forme condensée 1 ::15 ;



# Adressage

## Adressage IPv6 (Notation)

Cours Réseaux  
Informatiques

2

IP version 6

Dr A.  
DJEFFAL

IPv4

CIDR

IPv6

Les adresses IP peuvent être écrites de trois manières :

- une forme permettant le rapprochement entre adresses IPv4 et adresses IPv6 qui s'écrit sous la forme :  
 $X : X : X : X : X : X : d.d.d.d$  où chaque X représente une valeur sur 16 bits et chaque d représente une valeur sur 8 bits. Par exemple au lieu d'écrire l'adresse IPv4  
 $0 : 0 : 0 : 0 : 0 : 0 : 194 : 12 : 5 : 01$  avec des zéros on l'écrit de la manière suivante :  $:194.12.5.01$



# Adressage

## Adressage IPv6 (Adresses particulières)

Cours Réseaux  
Informatiques

2

IP version 6

Dr A.  
DJEFFAL

IPv4

CIDR

IPv6

Les adresses IP peuvent être écrites de trois manières :

- Une adresse IPv6 qui contient une adresse IPv4 commence par une série de 96 bits à zéro.
- `0 :0 :0 :0 :0 :0 :0 :0` (ou `::`) est appelée adresse non spécifiée. Elle ne doit être assignée à aucun nœud et ne peut être utilisée comme adresse de destination.
- `0 :0 :0 :0 :0 :0 :0 :1` (ou `::1`) est appelée adresse de loopback (bouclage) et peut être utilisée par nœud pour s'envoyer un paquet à lui-même. Cette adresse est l'équivalent de l'adresse 127.0.0.1 dans IPv4.



# Adressage

## Adressage IPv6 (sous-Réseaux)

Notation CIDR pour les réseaux : Première adresse du réseau suivie par un "/" et la taille en bits du champ réseau.

- Le préfixe  $2001 :db8 :1f89 : : /48 \Rightarrow @$  de  $2001 :db8 :1f89 :0 :0 :0 :0 :0$  à  $2001 :db8 :1f89 :ffff :ffff :ffff :ffff :ffff$ .
- Le préfixe  $2000 : : /3 \Rightarrow @$  de  $2000 :0 :0 :0 :0 :0 :0 :0$  à  $3fff :ffff :ffff :ffff :ffff :ffff :ffff :ffff$
- Le préfixe  $fc00 : : /7 @$  de  $fc00 :0 :0 :0 :0 :0 :0 :0$  à  $fdff :ffff :ffff :ffff :ffff :ffff :ffff :ffff$
- Le préfixe  $fe80 : : /10 @$  de  $fe80 :0 :0 :0 :0 :0 :0 :0$  à  $febf :ffff :ffff :ffff :ffff :ffff :ffff :ffff$





# Adressage

## Adressage IPv6 (Exemples)

Cours Réseaux  
Informatiques

2

IP version 6

Dr A.  
DJEFFAL

IPv4

CIDR

IPv6

Certains @ particulières :

Préfixe	Description
::/8	@ réservées
2000::/3	@ unicast routables sur Internet
fc00::/7	@ locales uniques
fe80::/10	@ locales lien
ff00::/8	@ multicast
::/128	@ non spécifiée (démarrage)
:::1/128	localhost, semblable à 127.0.0.1 en IPv4



# Adressage

## Plan d'adressage (Adresses globales unicast)

Cours Réseaux  
Informatiques

2

IP version 6

Dr A.  
DJEFFAL

IPv4

CIDR

IPv6

- Adresses équivalentes aux adresses publiques IPv4,
- routables aussi bien dans un réseau privé que publique.
- La plage d'adresses 2000 : : /3 est réservée pour l'adressage publique (toutes les adresses commençant par les valeurs 2 et 3).
- Plusieurs manières de hiérarchiser les adresses IP ont été proposées.
- La dernière proposée à l'IETF (Internet Engineering Task Force) est dite "Aggregatable Global Unicast Address Format" ou plan d'adressage agrégé.
- Ce plan hiérarchise une adresse IP de la manière suivante :



# Adressage

## Plan d'adressage (Adresses globales unicast)

001	TLA	NLA	SLA	Id Interface
	13 bits	32 bits	16 bits	64 bits

- un champ égal à 010 (pour indiquer une adresse unicast)
- TLA (Top Level Aggregator) : les TLA identifient les grands opérateurs internationaux,
- NLA (Next Level Aggregation) : les NLA identifient les opérateurs intermédiaires échangeant leur interconnectivité en des points d'interconnexion. NLA constitue un identificateur de site (ou domaine),
- SLA (Site Level Aggregator) : permet de hiérarchiser le plan d'adressage de site (définir les sous- réseaux),
- identificateur d'interface.



# Adressage

## Plan d'adressage (Adresses globales unicast)

Cours Réseaux  
Informatiques

2

IP version 6

Dr A.  
DJEFFAL

IPv4

CIDR

IPv6

Par exemple, une société se voit attribuer le préfixe 2001 : 0AD8 : 1234 : : /48, si elle respecte le principe d'identifiant hôte de 64 bits, il reste 16 bits pour les découpes de sous-réseaux.

FD	AB : 0102 : AACE :	0205 :	0000 : 0000 : 0000 : 0001
Unique Local	Global ID (pseudo aléatoire)	Subnet ID	Identifiant hôte
8bits	40bits	16 bits	64 bits



# Adressage

## Plan d'adressage (Adresses globales unicast)

Cours Réseaux  
Informatiques

2

IP version 6

Dr A.  
DJEFFAL

IPv4

CIDR

IPv6

Par exemple, une société se voit attribuer le préfixe 2001 : 0AD8 : 1234 : : /48, si elle respecte le principe d'identifiant hôte de 64 bits, il reste 16 bits pour les découpes de sous-réseaux.

FD	AB : 0102 : AACE :	0205 :	0000 : 0000 : 0000 : 0001
Unique Local	Global ID (pseudo aléatoire)	Subnet ID	Identifiant hôte
8bits	40bits	16 bits	64 bits

Le subnetting IPv6 respecte la même logique qu'en IPv4. Les adresses d'un même réseau ont le même identifiant réseau (appelé préfixe). La longueur du préfixe donnée en /x définit le nombre de bits de l'identifiant réseau.



# Adressage

## Plan d'adressage (Adresses unicast de lien local)

Cours Réseaux  
Informatiques

2

IP version 6

Dr A.  
DJEFFAL

IPv4

CIDR

IPv6

- Ces adresses sont destinées à l'utilisation sur un lien unique pour des tâches telles que la découverte des voisins ou lorsqu'il n'y a pas de routeur.
- Leur utilisation est donc restreinte à un lien (par exemple, l'ensemble des machines reliées par un réseau Ethernet).
- Les routeurs ne doivent pas transmettre les paquets contenant ce type d'adresses.

1111111010	54 bits à zéro	Id d'interface (64 bits)
------------	----------------	--------------------------



## Méthode EUI-64

- "Extended Unique Identifier" ou "identifiant unique étendu"
- Une façon de former les adresses IPv6 de type unicast.
- Se base sur l'adresse MAC de la carte réseau qu'elle utilise.
- Permet à un hôte de s'attribuer à lui même une adresse IPv6.
- C'est un plus par rapport à l'IPv4 qui nécessitait aux postes, pour avoir une IP afin de communiquer, de repérer un serveur DHCP et de lui demander un IP.



# Adressage

## Plan d'adressage (Adresses unicast de lien local)

Cours Réseaux  
Informatiques

2

IP version 6

Dr A.  
DJEFFAL

IPv4

CIDR

IPv6

Trois étapes :

- 1 On prend le préfixe qui est "FE80 :0000 :0000 :0000" et l'adresse MAC de la carte réseau concernée. On les combine en prenant le préfixe + 3 premiers octets de l'adresse MAC + FFFE + 3 derniers octets de l'adresse MAC
- 2 On effectue une modification sur le septième bit du troisième octet,
- 3 On écrit l'adresse IPv6 finale en enlevant les "0" inutiles





# Adressage

## Plan d'adressage (Adresses unicast de lien local)

Cours Réseaux  
Informatiques

2

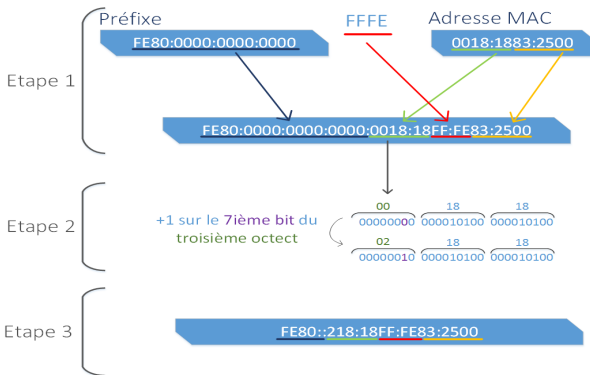
IP version 6

Dr A.  
DJEFFAL

IPv4

CIDR

IPv6





# Adressage

## Plan d'adressage (Adresses anycast)

Cours Réseaux  
Informatiques

2

IP version 6

Dr A.  
DJEFFAL

IPv4

CIDR

IPv6

- Un paquet destiné à une adresse anycast (à un ensemble d'interfaces) est délivré à l'interface la plus proche
- Les adresses anycast sont syntaxiquement indistinguables des adresses unicast.
- Lorsqu'une adresse unicast est attribuée à plus d'une interface, elle devient une adresse anycast
- le nœud auquel cette adresse est attribuée doit être configuré pour savoir qu'il s'agit d'une adresse anycast.



# Adressage

## Plan d'adressage (Adresses anycast)

Cours Réseaux  
Informatiques

2

IP version 6

Dr A.  
DJEFFAL

IPv4

CIDR

IPv6

- Un usage prévu pour les adresses anycast est l'identification des groupes des routeurs appartenant à une entreprise fournissant un accès à Internet,
- L'expérience de l'utilisation large des adresses anycast reste pour le moment assez limitée.

Préfixe de sous-réseau (n bits)	128 - n bits à zéro
---------------------------------	---------------------



# Adressage

## Plan d'adressage (Adresses anycast)

Cours Réseaux  
Informatiques

2

IP version 6

Dr A.  
DJEFFAL

IPv4

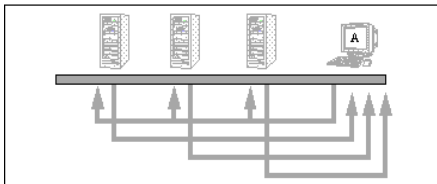
CIDR

IPv6

Deux modes de fonctionnement non exclusifs sont possibles.

### ① Adresses anycast sur un même lien

- La même adresse unicast est attribuée à plusieurs serveurs.
- La station A envoie un message de sollicitation de voisin pour déterminer l'adresse MAC de l'équipement.
- Trois serveurs reçoivent cette requête et répondent.
- La station A prendra une de ces réponses et dialoguera en point-à-point avec l'équipement choisi.





# Adressage

## Plan d'adressage (Adresses anycast)

Cours Réseaux  
Informatiques

2

IP version 6

Dr A.  
DJEFFAL

IPv4

CIDR

IPv6

Deux modes de fonctionnement non exclusifs sont possibles.

### ② Préfixe virtuel

- Une adresse anycast peut être aussi construite à partir d'un préfixe "virtuel", c'est-à-dire appartenant au site (ou même à un domaine plus grand), mais non alloué à un lien particulier.
- Le sous-réseau de ce préfixe est réservé aux adresses anycast.
- Les routeurs se chargent à travers leurs tables de routage d'acheminer les paquets anycast aux interfaces les plus proches.



# Adressage

## Plan d'adressage (Adresses multicast)

Cours Réseaux  
Informatiques

2

IP version 6

Dr A.  
DJEFFAL

IPv4

CIDR

IPv6

Une adresse multicast identifie un groupe de nœuds (interfaces). Un même nœud peut appartenir à plusieurs groupes multicast.

1111 1111	Flag (4 bits)	Scope (4 bits)	Identificateur de groupe (112 bits)
-----------	---------------	----------------	-------------------------------------



# Adressage

## Plan d'adressage (Adresses multicast)

Cours Réseaux  
Informatiques

2

IP version 6

Dr A.  
DJEFFAL

IPv4

CIDR

IPv6

- Flag (drapeau) : contient 0000 pour une adresse permanente (qui est affectée par une autorité compétente de l'IETF) et 0001 pour une adresse temporaire. Par exemple, une adresse multicast est allouée de manière temporaire à un ensemble de participants le temps d'une téléconférence.
- Scope (champ d'action de l'adresse) = 0 : réservé, 1 : champ d'action défini par le nœud local, 2 : champ d'action défini sur le lien local, 5 : champ d'action défini sur le site local, 8 : champ d'action défini sur l'organisation locale, E : champ d'action global, toutes les autres valeurs ne sont pas encore assignées.
- Le champ Scope permet de garantir le confinement des paquets dans une zone déterminée et éviter ainsi que des paquets associés par exemple à une téléconférence se dispersent sur tout le réseau mondial.



# Adressage

## Plan d'adressage (Adresses multicast)

Cours Réseaux  
Informatiques

2

IP version 6

Dr A.  
DJEFFAL

IPv4

CIDR

IPv6

- Contrairement aux autres types, les adresses multicast ne sont pas attribuées à des interfaces, mais représentent un groupe d'interfaces cibles, dans un réseau local ou en dehors selon la portée de l'adresse.
- La plage d'adresse FF00 :: /8 est réservée au multicast.





# Adressage

## Plan d'adressage (Adresses multicast)

Cours Réseaux  
Informatiques

2

IP version 6

Dr A.  
DJEFFAL

IPv4

CIDR

IPv6

FF02 :: /16	Adresses multicast de portée locale
FF02 :: 1	Toutes les machines IPv6 du réseau local (remplaçant du broadcast).
FF02 :: 2	Tous les routeurs du réseau local.
FF02 :: 5	Tous les routeurs OSPFv3 du réseau local
FF02 :: 6	Tous les routeurs OSPFv3 DR/BDR du réseau local
FF02 :: 9	Tous les routeurs RIPng du réseau local
FF02 :: A	Tous les routeurs EIGRP du réseau local



# Adressage

## Auto-configuration des adresses

Cours Réseaux  
Informatiques

2

IP version 6

Dr A.  
DJEFFAL

IPv4

CIDR

IPv6

- Pour s'adapter à des évolutions d'interconnexion pour plusieurs décennies, IPv6 est conçu pour faciliter la configuration automatique des adresses.
- Les capacités d'auto-configuration sont importantes, que l'allocation d'adresses soit géographique ou basée sur des fournisseurs d'accès.
- Il peut être, par moment, nécessaire de renuméroter les adresses des machines d'une organisation (suite à une délocalisation de l'entreprise, à un changement de fournisseur d'accès, etc.)



# Adressage

## Auto-configuration des adresses

Cours Réseaux  
Informatiques

2

IP version 6

Dr A.  
DJEFFAL

IPv4

CIDR

IPv6

- L'auto-configuration utilise le protocole NDP (Neighbor Discovery Protocol) de découverte de voisin.
- C'est un protocole servant principalement à la résolution des adresses physiques en fonction d'une adresse IPv6 pour les tâches suivantes :



# Adressage

## Auto-configuration des adresses (SLAAC)

Cours Réseaux  
Informatiques

2

IP version 6

Dr A.  
DJEFFAL

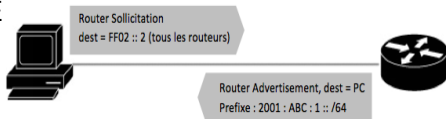
IPv4

CIDR

IPv6

State-Less Address Auto Configuration, messages du protocole NDP pour l'obtention du préfixe et de sa longueur auprès du routeur.

- 1 PC émet un message NDP de type Router Sollicitation destiné à tous les routeurs ( FF02 :: 2).
- 2 Le router répond par un message Router Advertisement auquel il joint les informations relatives au préfixe et à sa longueur à utiliser sur le réseau.
- 3 Le PC peut alors s'auto-configurer une adresse IPv6 en combinant le préfixe fourni et un identifiant hôte généré en E





# Adressage

## Auto-configuration des adresses (Router Discovery)

Cours Réseaux  
Informatiques

2

IP version 6

Dr A.  
DJEFFAL

IPv4

CIDR

IPv6

Découverte des routeurs présents dans le même réseau local.

- 1 PC émet un message NDP de type Router Sollicitation destiné à tous les routeurs ( FF02 :: 2).
- 2 Le router répond par un message Router Advertisement destiné au PC et contenant entre-autre son adresse link-local.





# Adressage

## Auto-configuration des adresses (Duplicate Address Detection)

Cours Réseaux  
Informatiques

2

IP version 6

Dr A.  
DJEFFAL

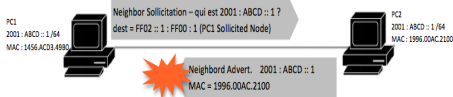
IPv4

CIDR

IPv6

### Détection de duplication d'adresse dans le réseau local.

- 1 PC1 émet un message Neighbor Solicitation pour sa propre adresse.
- 2 PC2 répond par un message de type Neighbor Advertisement en fournissant son adresse MAC pour la même adresse unicast.
- 3 PC1 détecte alors que l'adresse est déjà en cours d'utilisation, vu qu'une autre machine que lui répond à la sollicitation.





# Adressage

## Auto-configuration des adresses (Neighbor Discovery)

Cours Réseaux  
Informatiques

2

IP version 6

Dr A.  
DJEFFAL

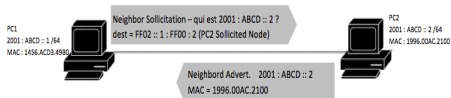
IPv4

CIDR

IPv6

Obtention d'une adresse MAC en fonction d'une adresse IPv6 (équivalent ARP).

- 1 PC1 émet un message Neighbor Solicitation destiné à l'adresse multicast "Sollicited Node", dérivée de l'adresse unicast recherchée ( FF02 :: 1 : FFX : XXXX , ou les X représentent la valeur des 24 derniers bits de l'adresse unicast).
- 2 PC2 répond par un message de type Neighbor Advertisement en fournissant l'adresse MAC correspondant à son adresse unicast.





# Adressage

## Auto-configuration des adresses

Cours Réseaux  
Informatiques

2

IP version 6

Dr A.  
DJEFFAL

IPv4

CIDR

IPv6

- 1 Dans un scénario typique, un hôte débute le processus d'auto-configuration par s'auto-attribuer une adresse de lien local pour un usage temporaire.
- 2 Une fois que cette adresse est formée, l'hôte envoie un message ND vers cette adresse pour s'assurer qu'elle est bien unique.
- 3 Utilisant cette nouvelle adresse de lien local comme adresse source, l'hôte envoie une requête ND de sollicitation de routeur.
- 4 La sollicitation est envoyée en utilisant le service multicast.
- 5 Les routeurs répondent aux requêtes de sollicitation par un paquet qui contient l'intervalle des adresses valides pour le sous-réseau.





# Format de paquet et fonctionnalités de IPv6

## Paquet IPv6

Cours Réseaux  
Informatiques

2

IP version 6

Dr A.  
DJEFFAL

IPv4

CIDR

IPv6

Les paquets IPv6 ont la forme générale suivante :

Entête IPv6 (40 octets)	Extension de l'entête (0 ou n octets)	PDU - niveau transport
----------------------------	--	------------------------



# Format de paquet et fonctionnalités de IPv6

## Paquet IPv6 (entête)

Cours Réseaux  
Informatiques

2

IP version 6

Dr A.  
DJEFFAL

IPv4

CIDR

IPv6

L'entête IPv6 a la forme suivante :

Version (4 bits)	Priorité (4 bits)	Indicateur de flux (24 bits)	
Longueur de données (16 bits)		Entête suivant (8 bits)	Nombre de sauts (8 bits)
Adresse source (16 octets)			
Adresse Destination (16 octets)			



# Format de paquet et fonctionnalités de IPv6

## Paquet IPv6 (entête)

Cours Réseaux  
Informatiques

2

IP version 6

Dr A.  
DJEFFAL

IPv4

CIDR

IPv6

L'entête IPv6 a la forme suivante :

- Version : égale à 6 pour IPv6,
- Format de l'entête IPv6.
- Priorité : valeur de la priorité du paquet,
- Indentificateur de flux : utilisé pour marquer les paquets pour lesquels un traitement spécial doit être fait par les routeurs,
- Longueur de données : longueur du reste du paquet (extension de l'entête et données de niveau transport),
- Entête suivant : identifie le type de l'entête qui suit l'entête IPv6,



# Format de paquet et fonctionnalités de IPv6

## Paquet IPv6 (entête)

Cours Réseaux  
Informatiques

2

IP version 6

Dr A.  
DJEFFAL

IPv4

CIDR

IPv6

- On notera qu'il n'y a plus de bits de contrôle ("check sum") de l'entête du paquet comme dans le cas de IPv4.
- La raison est que les réseaux physiques sont de meilleure qualité aujourd'hui, ils vérifient eux-mêmes les erreurs de transmission sur les trames qui contiennent les paquets.



# Format de paquet et fonctionnalités de IPv6

## Paquet IPv6 (entête - Priorité)

Cours Réseaux  
Informatiques

2

IP version 6

Dr A.  
DJEFFAL

IPv4

CIDR

IPv6

Permet le contrôle de congestion (6 catégories)

- Trafic de contrôle Internet (priorité 7) : c'est le trafic le plus important à distribuer.
- Trafic interactif (priorité 6) : utilisé pour les sessions interactives comme Telnet, X-window, etc. Le délai de communication doit être minimisé pour ce type de trafic,
- Trafic de masse assisté (priorité 4) : un exemple des applications qui génère ce type de trafic (sporadique, mais important en volume) est FTP ou NFS. C'est un type de trafic où l'utilisateur attend la fin du transfert pour poursuivre son travail



# Format de paquet et fonctionnalités de IPv6

## Paquet IPv6 (entête - Priorité)

Cours Réseaux  
Informatiques

2

IP version 6

Dr A.  
DJEFFAL

IPv4

CIDR

IPv6

Permet le contrôle de congestion (6 catégories)

- Trafic de données non assisté (priorité 2) : un exemple des applications qui génèrent ce type de trafic est le courrier électronique. C'est un type de trafic où l'utilisateur n'attend pas la fin de transfert pour continuer son travail.
- Trafic de remplissage (priorité 1) : trafic pour applications en tâche de fond, comme les news ;
- Trafic non caractérisé (priorité 0) : aucune information n'est connue sur le type de trafic.



# Format de paquet et fonctionnalités de IPv6

## Paquet IPv6 (entête - Identificateur de flux)

Cours Réseaux  
Informatiques

2

IP version 6

Dr A.  
DJEFFAL

IPv4

CIDR

IPv6

- L'échange entre deux équipements, pour réaliser une tâche donnée (par exemple, l'envoi d'un film, une téléconférence, etc.) est modélisé par un flux de données ayant certaines caractéristiques.
- Un flux est identifié par une adresse source et un numéro de flux.
- Les caractéristiques d'un flux conditionnent le routage des paquets correspondant à ce flux.
- Un traitement spécial doit être déclaré pour chaque flux de paquets.



# Format de paquet et fonctionnalités de IPv6

## Paquet IPv6 (entête - Identificateur de flux)

Cours Réseaux  
Informatiques

2

IP version 6

Dr A.  
DJEFFAL

IPv4

CIDR

IPv6

- Les traitements associés aux flux particuliers sont généralement définis au moyen des extensions de l'entête.
- Les routeurs doivent mémoriser les numéros des Identificateurs de flux qui les traversent pour servir, le plus possible, de la même manière les paquets associés à un même flux.
- Le champ Priorité et Identificateur de flux devraient être pris en compte par les routeurs pour garantir une certaine qualité de service selon les besoins des applications.





# Format de paquet et fonctionnalités de IPv6

## Paquet IPv6 (entête - Nombre de sauts)

Cours Réseaux  
Informatiques

2

IP version 6

Dr A.  
DJEFFAL

IPv4

CIDR

IPv6

- Ce nombre est appelé durée de vie (ou Time to Live) dans IPv4.
- Il est décrémenté par chaque routeur que le paquet traverse.
- Quand la valeur atteint 0, le paquet est rejeté avec l'émission d'un message ICMP vers la source.
- La valeur initiale de ce nombre n'est pas encore fixée, mais certaines implantations prennent la valeur 64.



# Format de paquet et fonctionnalités de IPv6

## Mécanismes de sécurité

Cours Réseaux  
Informatiques

2

IP version 6

Dr A.  
DJEFFAL

IPv4

CIDR

IPv6

- La communauté Internet a développé des mécanismes de sécurité spécifiques aux applications, par exemple, pour le courrier électronique (Privacy Enhanced Mail), l'administration de réseaux (SNMPv2 security), l'accès au web (secure HTTP), etc.
- Malgré cela, les utilisateurs continuent à craindre pour leurs données.
- En intégrant des mécanismes de sécurité au niveau IP, on renforce davantage la sécurité de l'accès de ou vers les organisations.



# Format de paquet et fonctionnalités de IPv6

## Mécanismes de sécurité

Cours Réseaux  
Informatiques

2

IP version 6

Dr A.  
DJEFFAL

IPv4

CIDR

IPv6

- La sécurité au niveau IP englobe l'authentification et la confidentialité.
- Les mécanismes d'authentification assurent qu'un paquet reçu a bien été émis par la partie identifiée comme source dans l'entête.
- Les mécanismes de confidentialité permettent aux nœuds qui communiquent de crypter leurs données, pour éviter l'espionnage par une tierce partie.



# Format de paquet et fonctionnalités de IPv6

## Mécanismes de sécurité

Cours Réseaux  
Informatiques

2

IP version 6

Dr A.  
DJEFFAL

IPv4

CIDR

IPv6

- Le concept clé de la sécurité dans IPv6 est celui d'association de sécurité.
- Une association de sécurité est une relation unidirectionnelle entre un émetteur et un récepteur.
- Une association de sécurité est définie par une adresse de destination et un Indice de paramètres de sécurité (SPI, security parameters index).
- Généralement les paramètres qui définissent une association de sécurité sont :



# Format de paquet et fonctionnalités de IPv6

## Mécanismes de sécurité

Cours Réseaux  
Informatiques

2

IP version 6

Dr A.  
DJEFFAL

IPv4

CIDR

IPv6

- un algorithme d'authentification et un algorithme de modes utilisés avec l'authentification IP,
- une ou plusieurs clés utilisées par l'algorithme d'authentification et l'entête d'authentification,
- un algorithme de chiffrement, un algorithme de mode et des transformations utilisées avec l'entête ESP (Encapsulating Security Payload),
- une ou plusieurs clés utilisées par l'algorithme de chiffrement et l'ESP,
- la présence ou l'absence d'un champ d'initialisation ou de synchronisation d'un vecteur de chiffrement pour l'algorithme de chiffrement,



# Format de paquet et fonctionnalités de IPv6

## Mécanismes de sécurité

Cours Réseaux  
Informatiques

2

IP version 6

Dr A.  
DJEFFAL

IPv4

CIDR

IPv6

- la durée de vie de la clé ou temps au bout duquel un changement de clé devrait intervenir,
- la durée de vie de l'association de sécurité,
- la ou les adresses source de l'association de sécurité (l'adresse source doit être générique si plusieurs émetteurs partagent la même association de sécurité avec le récepteur),
- un niveau de sensibilité (secret, top secret, etc.).



# Format de paquet et fonctionnalités de IPv6

## Mécanismes de sécurité (Authentification)

Cours Réseaux  
Informatiques

2

IP version 6

Dr A.  
DJEFFAL

IPv4

CIDR

IPv6

- L'entête d'authentification fournit un mécanisme pour l'authentification de paquets.
- L'émetteur calcule, avec une clé secrète, une signature numérique et l'émet avec le paquet.
- Le récepteur récupère la signature, la déchiffre, avec une clé secrète.
- Si le résultat du déchiffrement est bon, le paquet est authentifié.
- Le mécanisme d'authentification ne permet pas une tierce personne d'usurper l'identité d'un émetteur.
- Par contre une tierce personne peut intercepter les paquets et les lire.
- Le format de l'entête d'authentification est le suivant :



# Format de paquet et fonctionnalités de IPv6

## Mécanismes de sécurité (Authentification)

- Entête suivant : identifie l'entête qui suit immédiatement,
- Longueur entête : longueur du champ Données d'authentification en mots de 32 bits,
- Indice paramètres de sécurité : identifie l'association de sécurité,
- Données d'authentification : nombre variable de mots de 32 bits pour l'authentification.

Entête suivant (8 bits)	Longueur entête (8 bits)	Réservé (16 bits)
Indice de paramètres de sécurité (32 bits) SPI		
Données d'authentification (nombre variable de mots de 32 bits)		





# Format de paquet et fonctionnalités de IPv6

## Mécanismes de sécurité (Confidentialité des données)

Cours Réseaux  
Informatiques

2

IP version 6

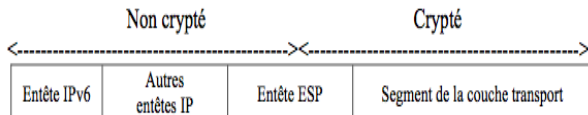
Dr A.  
DJEFFAL

IPv4

CIDR

IPv6

- Le mécanisme ESP (Encapsulating Security Payload) est utilisé pour assurer la confidentialité et l'intégrité des données.
- Selon les besoins, ce mécanisme peut être utilisé pour crypter un paquet complet.





# Format de paquet et fonctionnalités de IPv6

## Mécanismes de sécurité (Confidentialité des données)

- A la source du paquet, la deuxième partie de l'ESP et le segment de la couche transport sont cryptés.
- A la réception, un déchiffrement est effectué pour retrouver le segment d'origine.
- Le mécanisme de ESP mode transport assure la confidentialité pour toutes les applications.

