

Sys1 - Amphi 11

Couche réseau:

Plan de Données et Plan de Contrôle

Where are we ?

Planning du cours

Date	Amphi	Pratique (TD/TP/Projet)	Références
17/10/2023	Introduction, Socket TCP	Pas de TP (Conf. Fields)	Kurose 1.1, 1.5, 1.7, 2.7.2 CS:APP 11.1, 11.2, 11.4
07/11/2023	Pas de CM (Parrainage)	Projet (binôme): Crawler HTTP & Dice Roll	
14/11/2023	Protocoles Applicatifs over TCP, UDP, e.g HTTP, DNS	Projet (binôme): Crawler HTTP & Dice Roll	Kurose 2.1, 2.2, 2.4, 2.7 CS:APP 11.3, 11.5, 11.6,
17/11/2023	Protocoles de Transport	Pas de TP (Rattrapage CM)	Kurose Ch 3, CS:APP 11.3
21/11/2023	TCP suite et fin, protocole IP,	Projet (binôme): Crawler HTTP & Dice Roll	Kurose Ch 3, 4.1, 4.3
28/11/2023	notion de Lien, Forwarding + Routage	TP (seul): Reliable Data Transport	Kurose 4.1, 4.3, 5.1, 5.2, 6.1
01/12/2023	Pas de CM (Rattrapage TP)	TP (seul): Reliable Data Transport	
05/12/2023	Routage (un peu plus de lien)	TD : IP + Routage	Kurose 5.1, 5.2, 5.4 (6)
12/12/2023	Conclusion : Les défis d'internet	TD : Révisions	Divers sections du Kurose

Programme du jour

Qu'est-ce qui relie deux routeurs ? — le lien

Plan de données

- Comment on attribue les adresses IP

- Aperçu du DHCP

- Le sombre secret de réseaux IPv4 - le NAT

Le Plan de contrôle

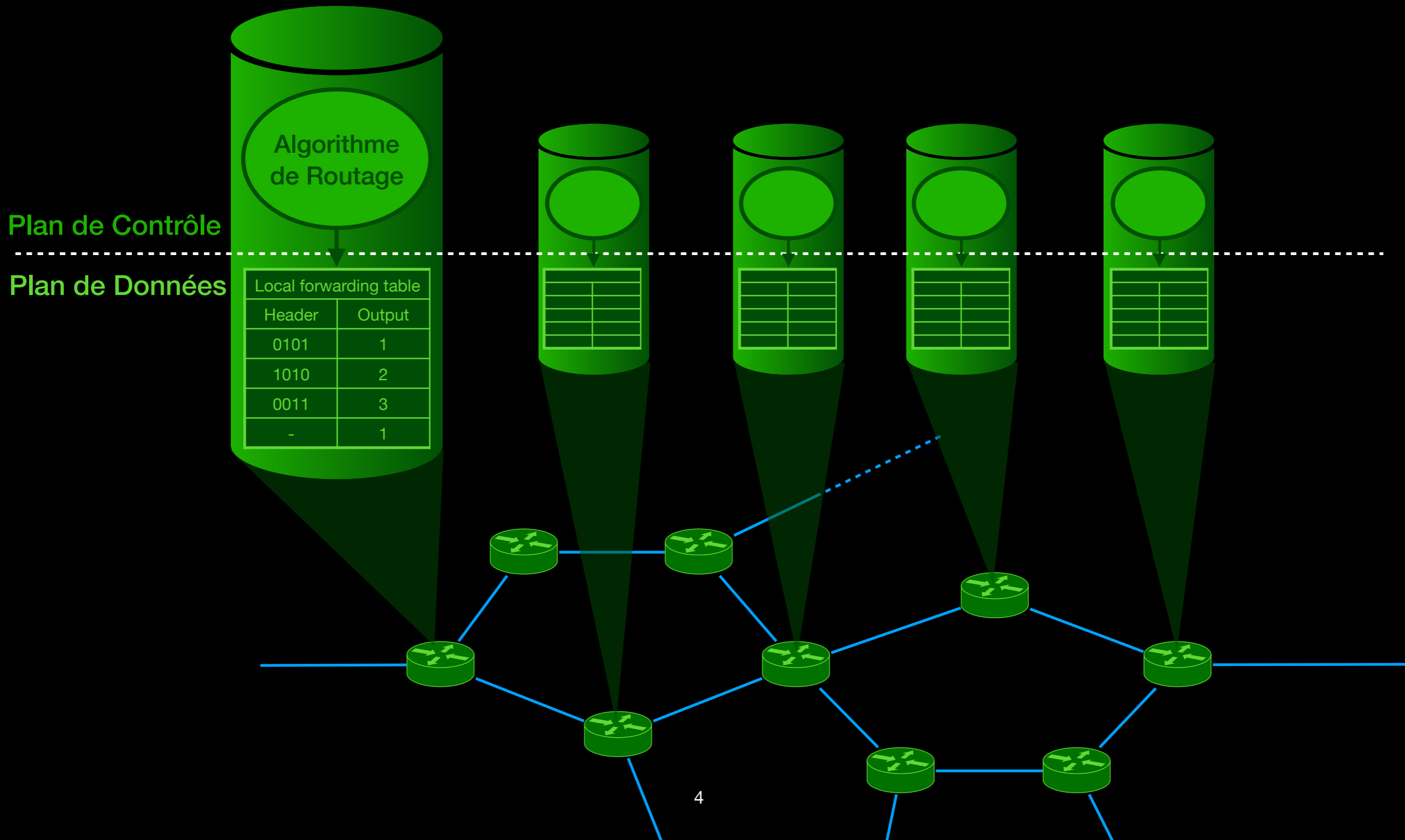
- Explication du problème

- Algorithme de Bellman-Ford

- Algorithme de Dijkstra

Rappels amphi précédent

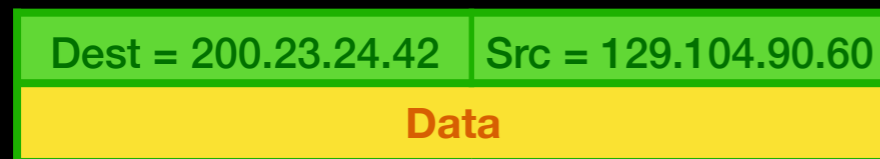
Plan de donnée vs Plan de contrôle



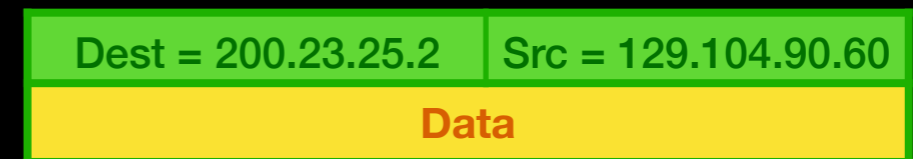
Rappels amphi précédent

Forwarding IP - Longest Matching prefix

Paquet 1



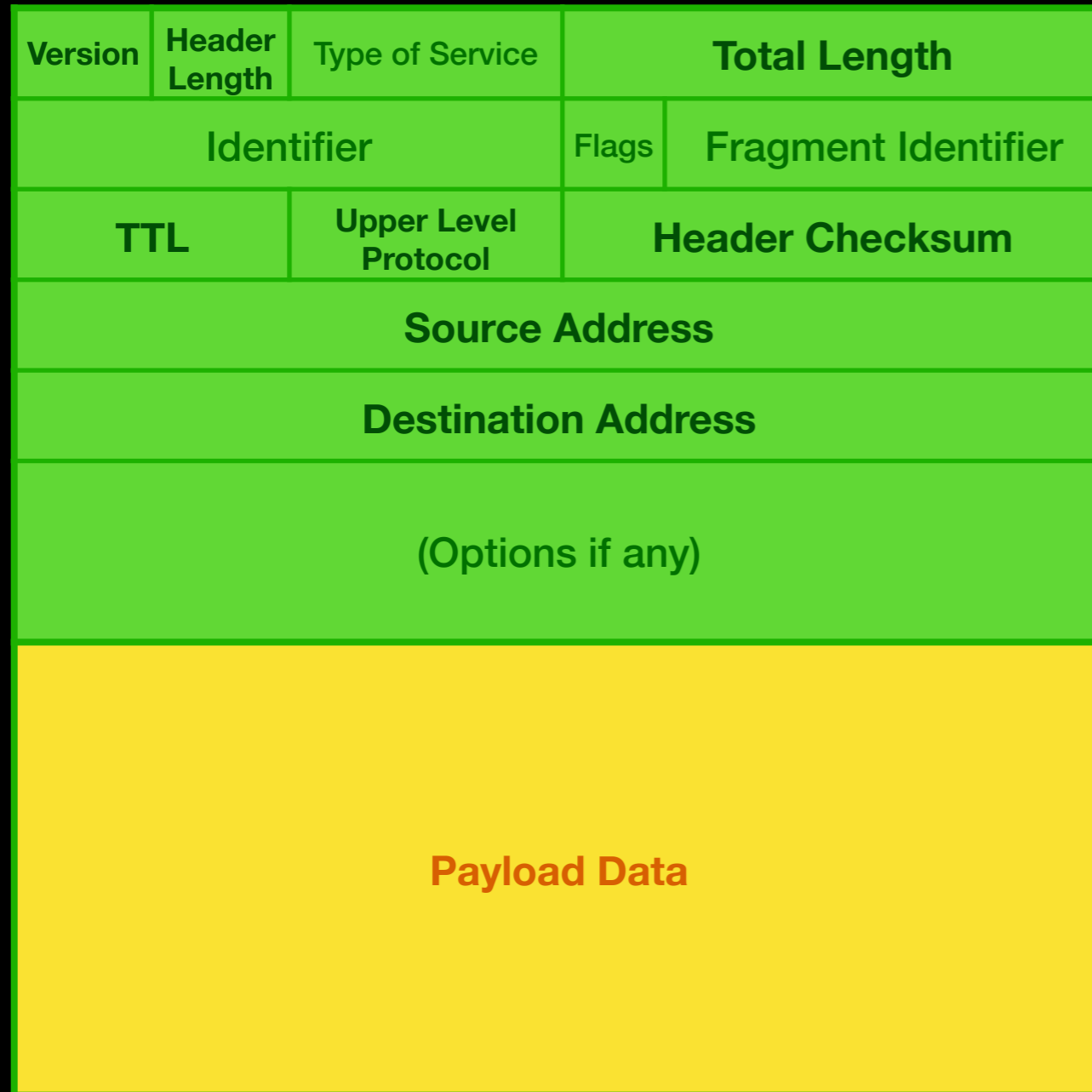
Paquet 2



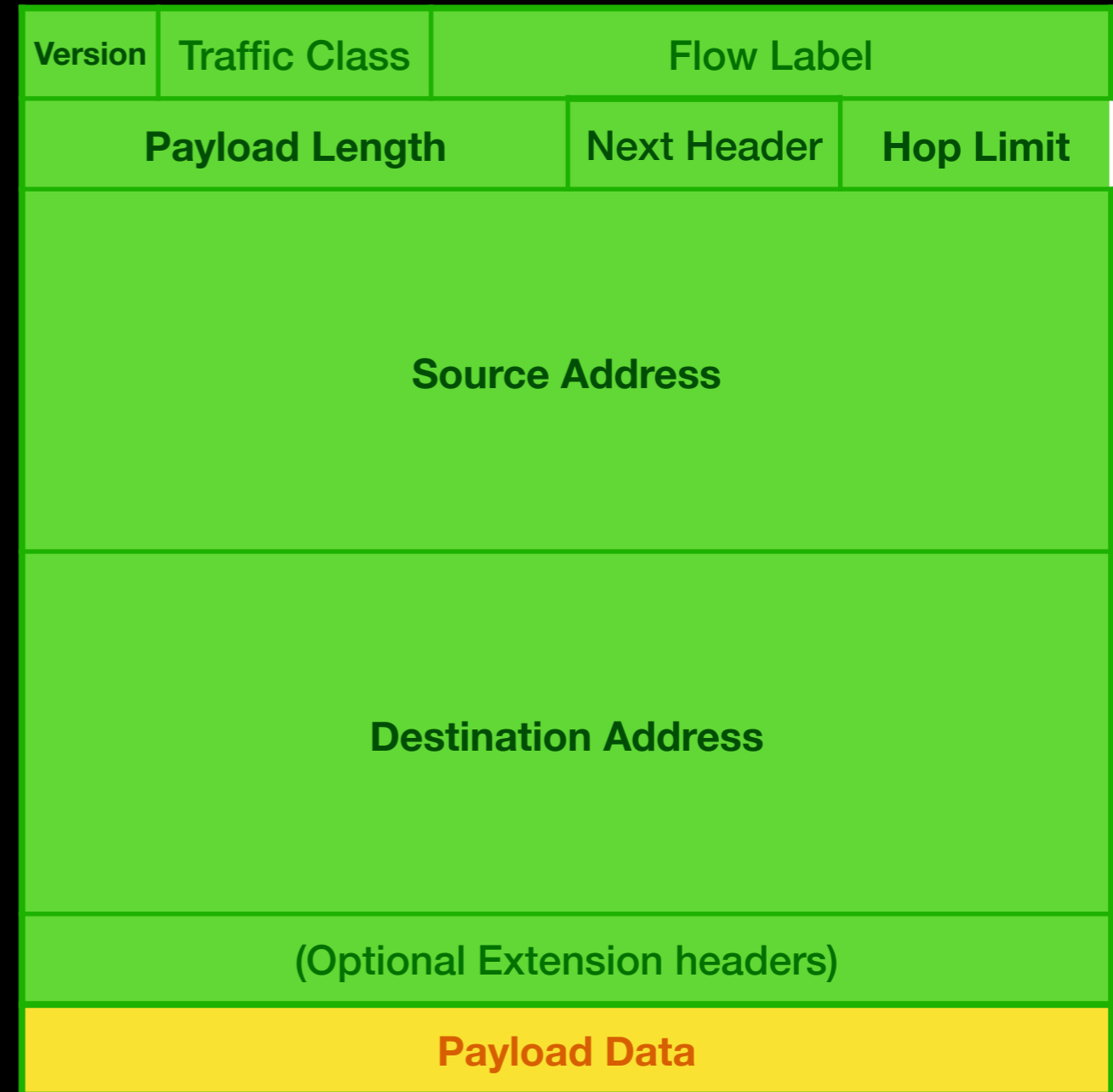
Préfix (binaire)	Notation IPv4	Interface
11001000 00010111 00010	200.23.16.0/21	0
<u>11001000 00010111 00011000</u>	200.23.24.0/24	1
<u>11001000 00010111 00011</u>	200.23.24.0/21	2
-	0.0.0.0/0	3

Rappel : Anatomie d'un paquet IP

IPv4 vs IPv6



IPv4

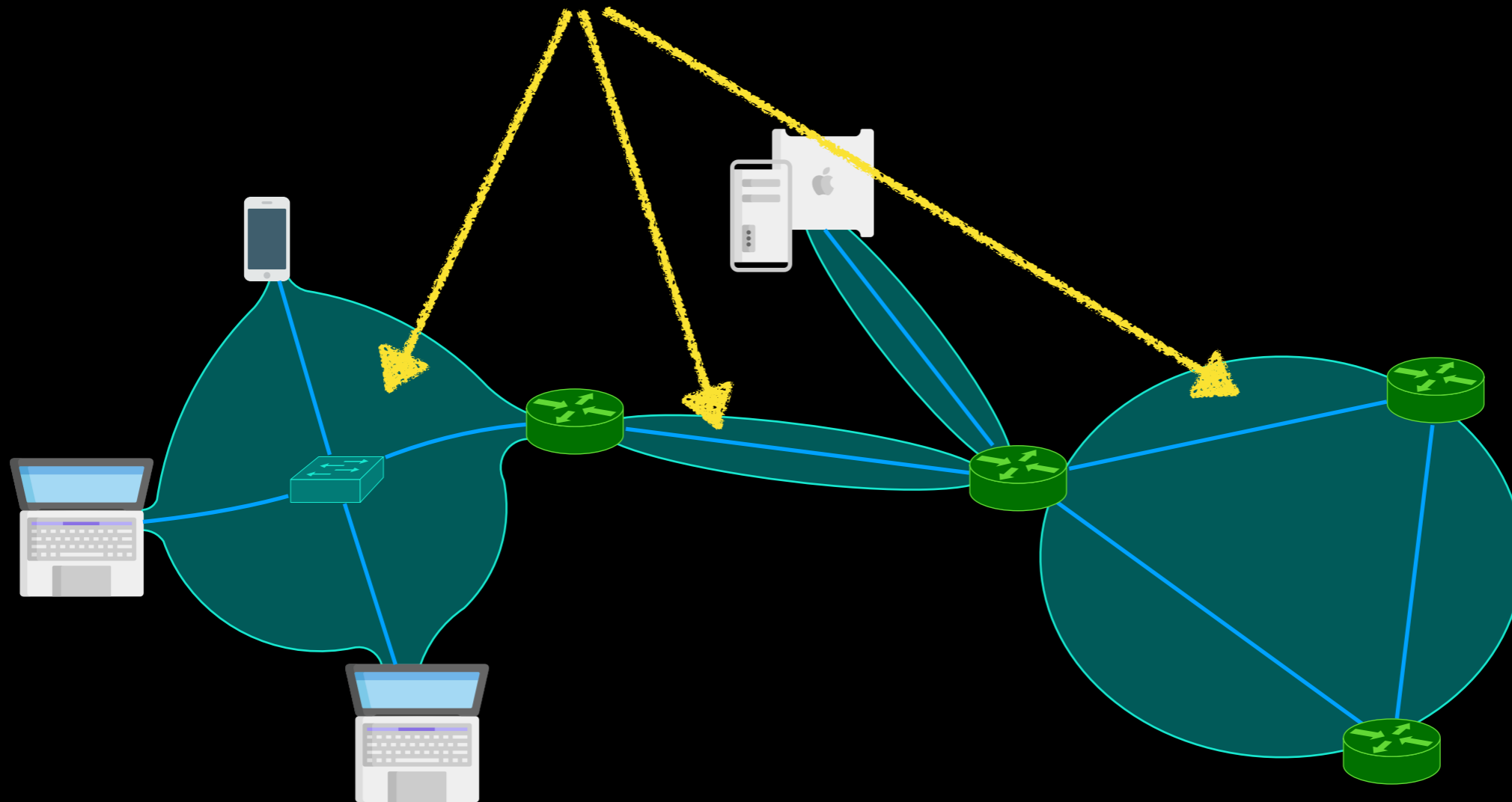


IPv6

Entre deux routeurs

Le lien, introduction aux couches inférieures

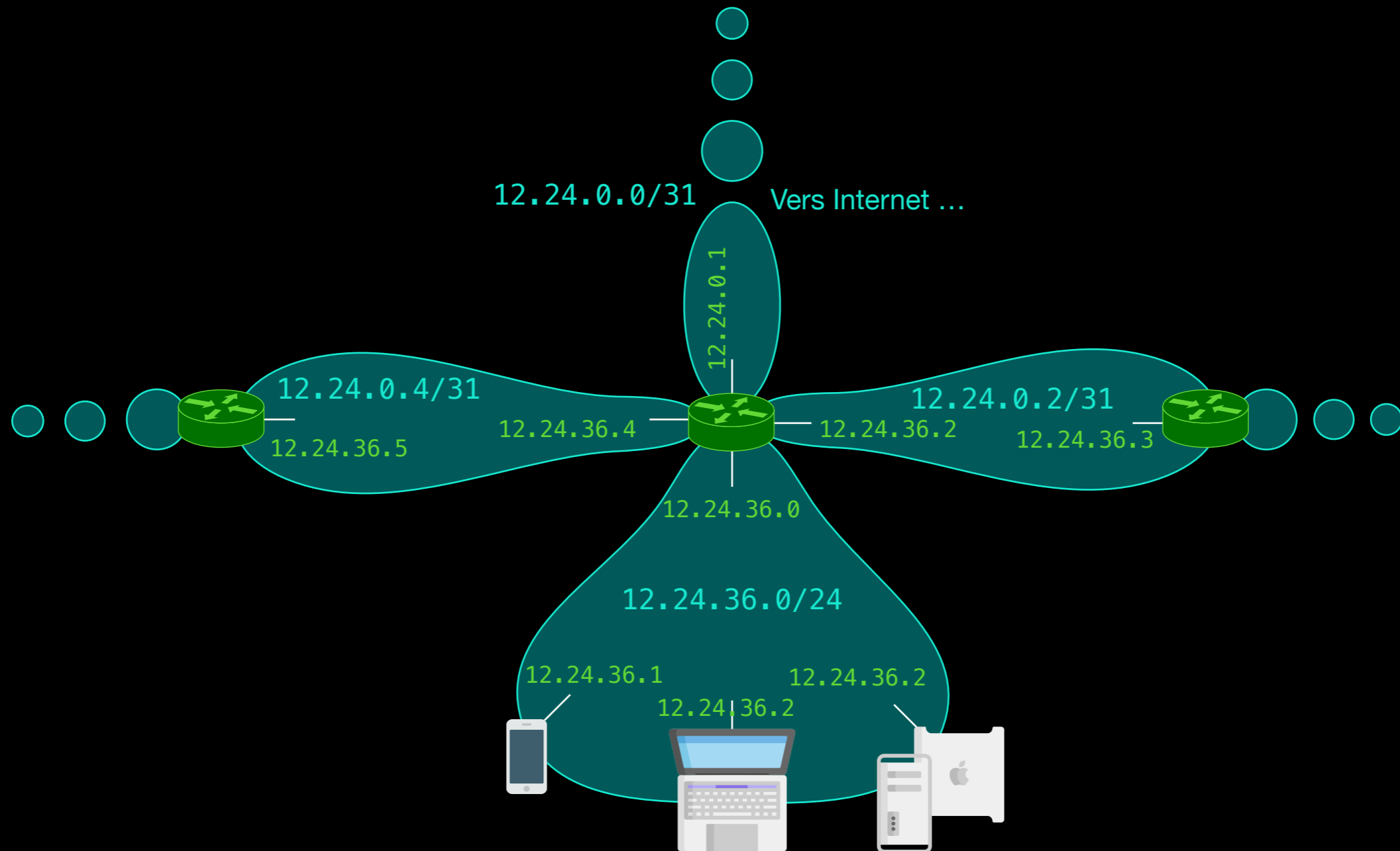
Pas d'autre Routeur



On traverse un lien : TTL--;

Les IP au sein d'un lien

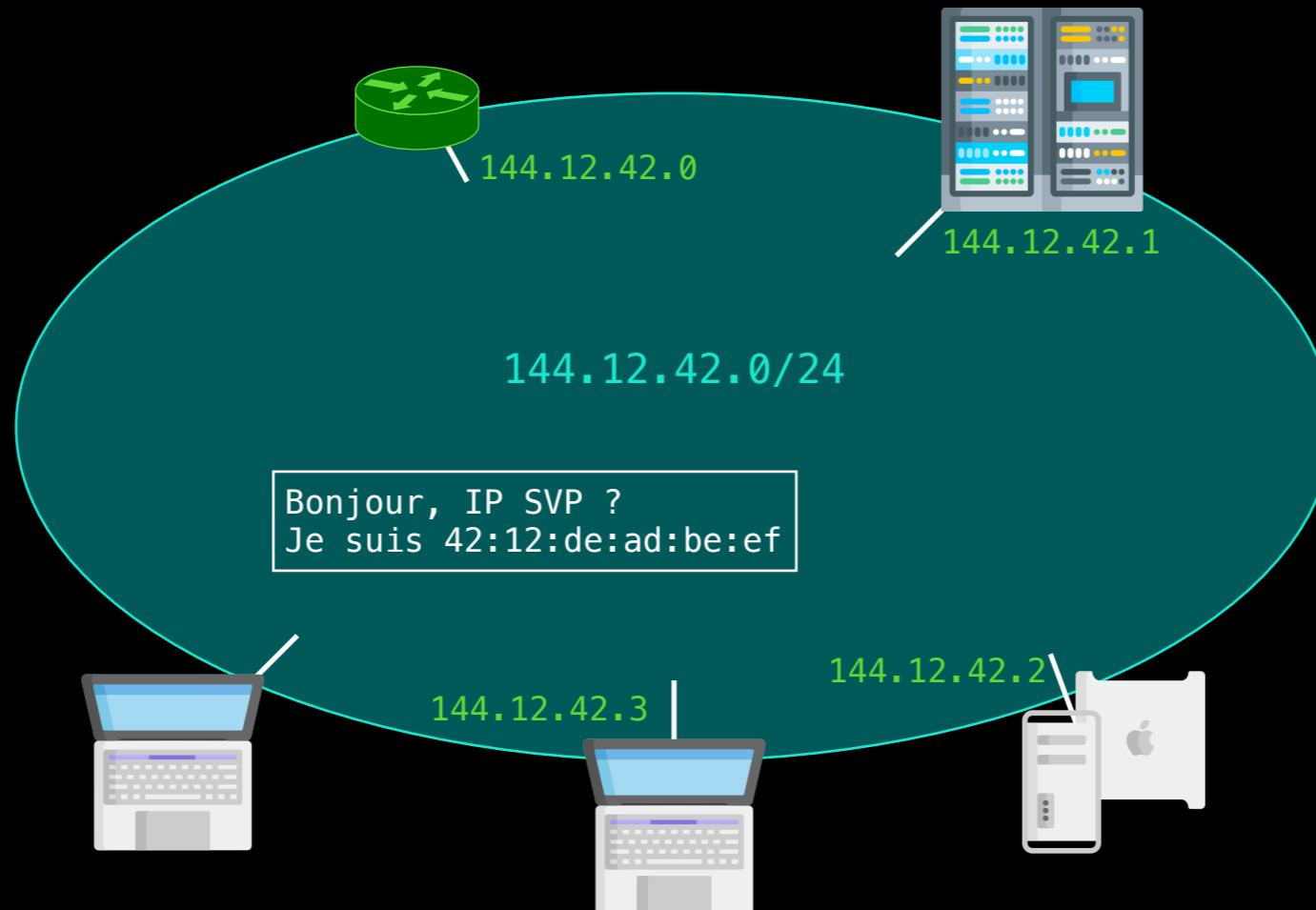
Une IP par interface - Un subnet par lien



DHCP

Parce que les IP manuelles c'est pas cool

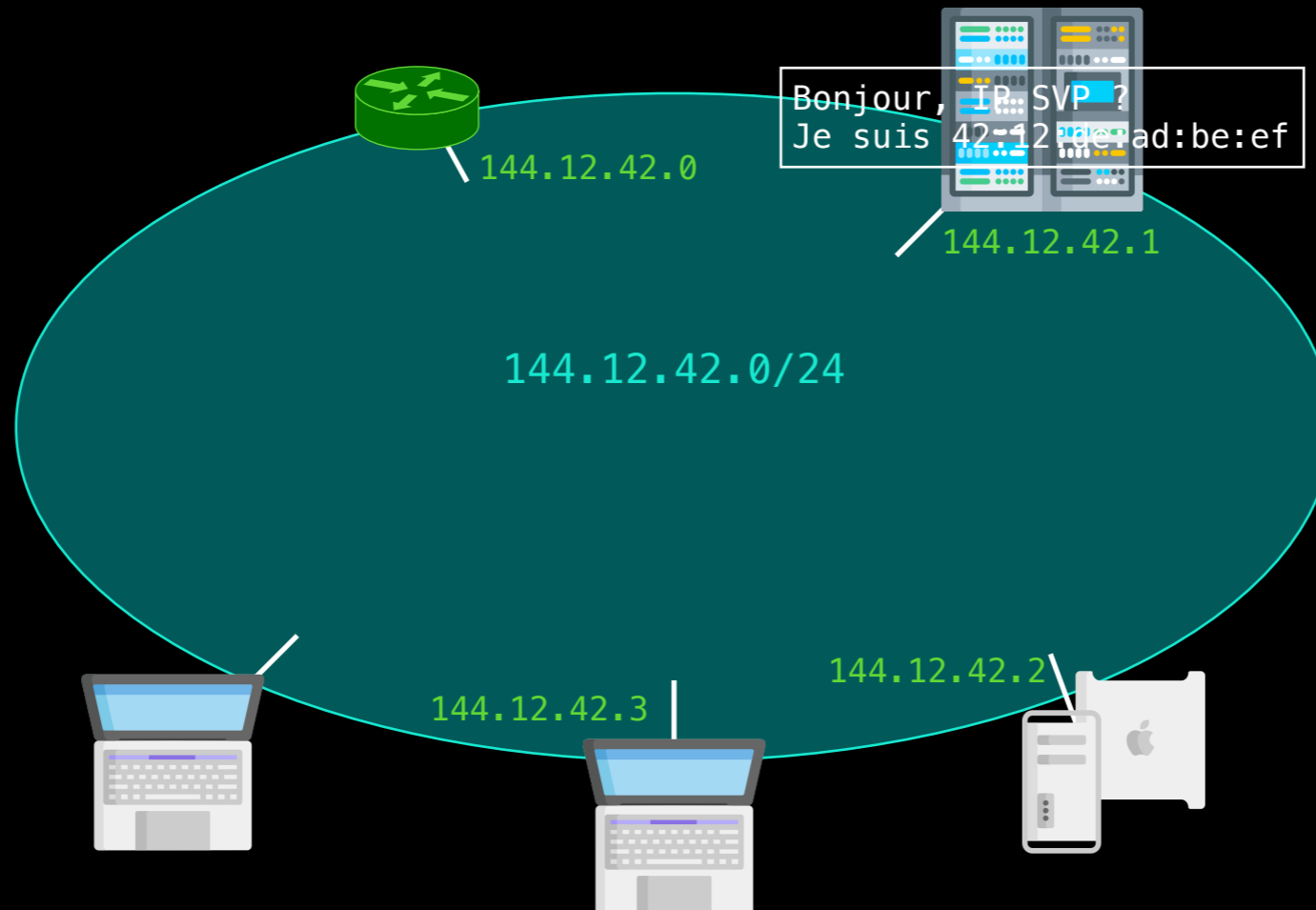
Chaque interface possède un identifiant matériel unique :
L'identifiant MAC, e.g
01:23:45:67:89:ab



DHCP

Parce que les IP manuelles c'est pas cool

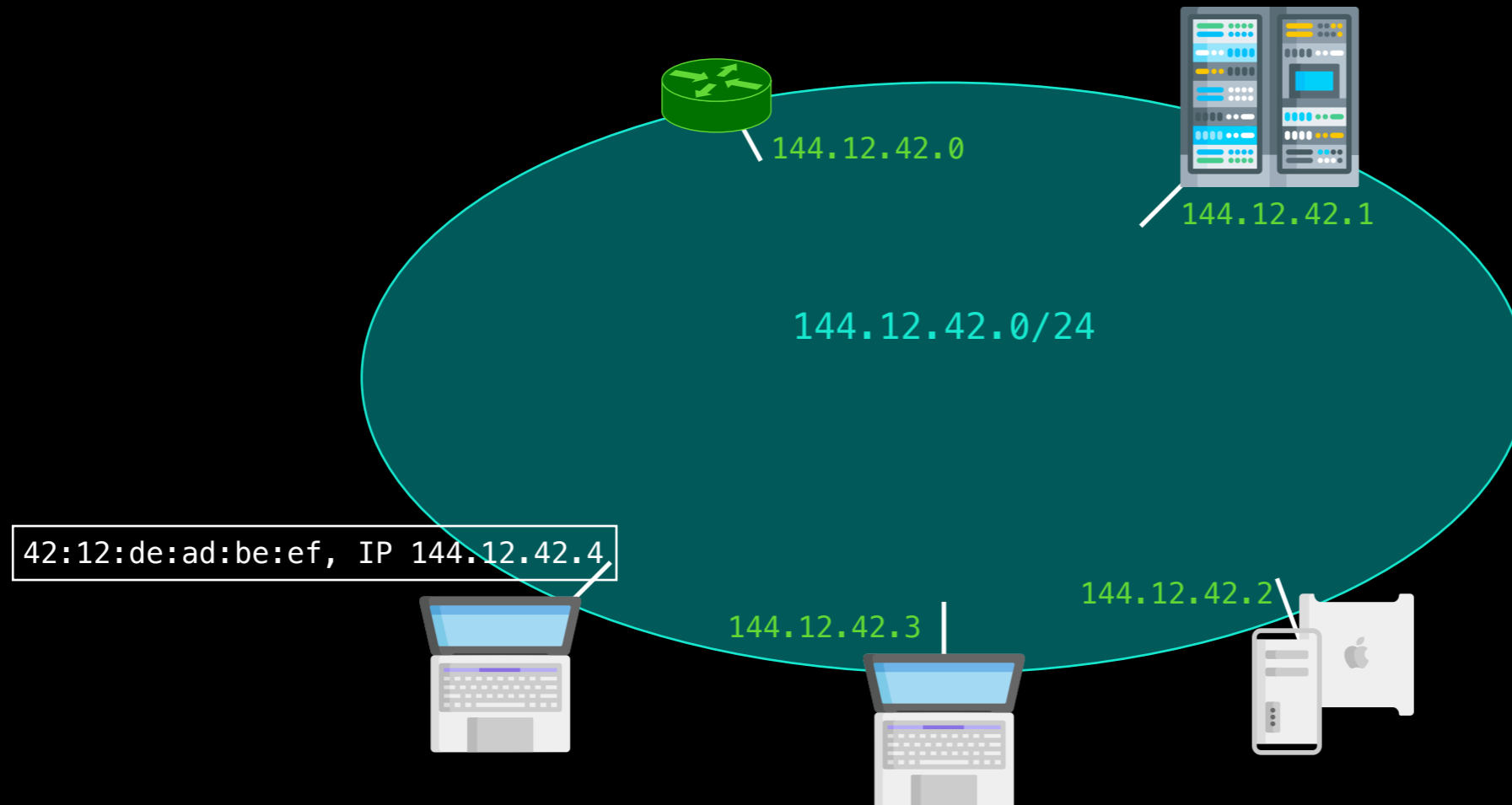
Chaque interface possède un identifiant matériel unique :
L'identifiant MAC, e.g
01:23:45:67:89:ab



DHCP

Parce que les IP manuelles c'est pas cool

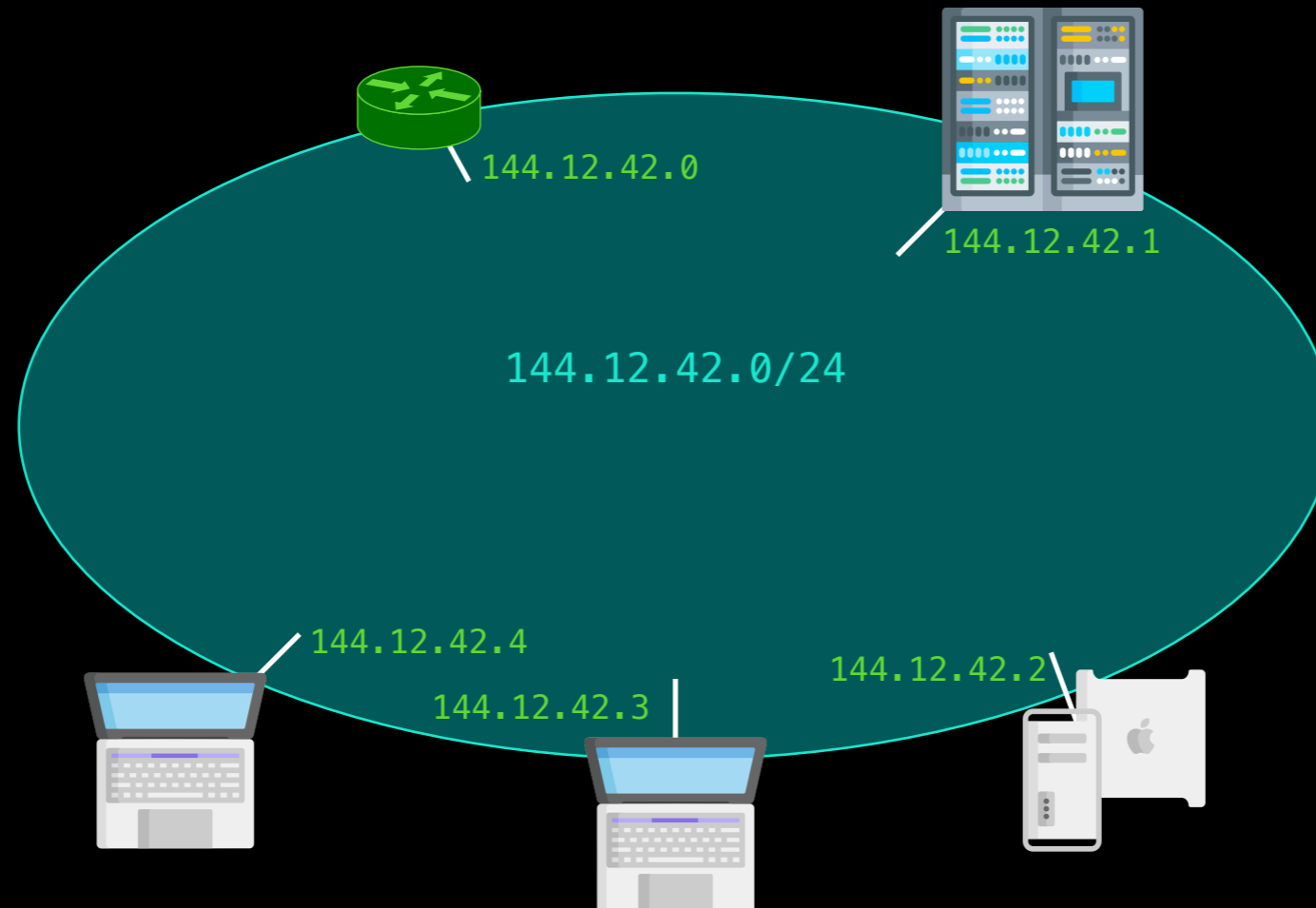
Chaque interface possède un identifiant matériel unique :
L'identifiant MAC, e.g
01:23:45:67:89:ab



DHCP

Parce que les IP manuelles c'est pas cool

Chaque interface possède un identifiant matériel unique :
L'identifiant MAC, e.g
01:23:45:67:89:ab



DHCP (suite)

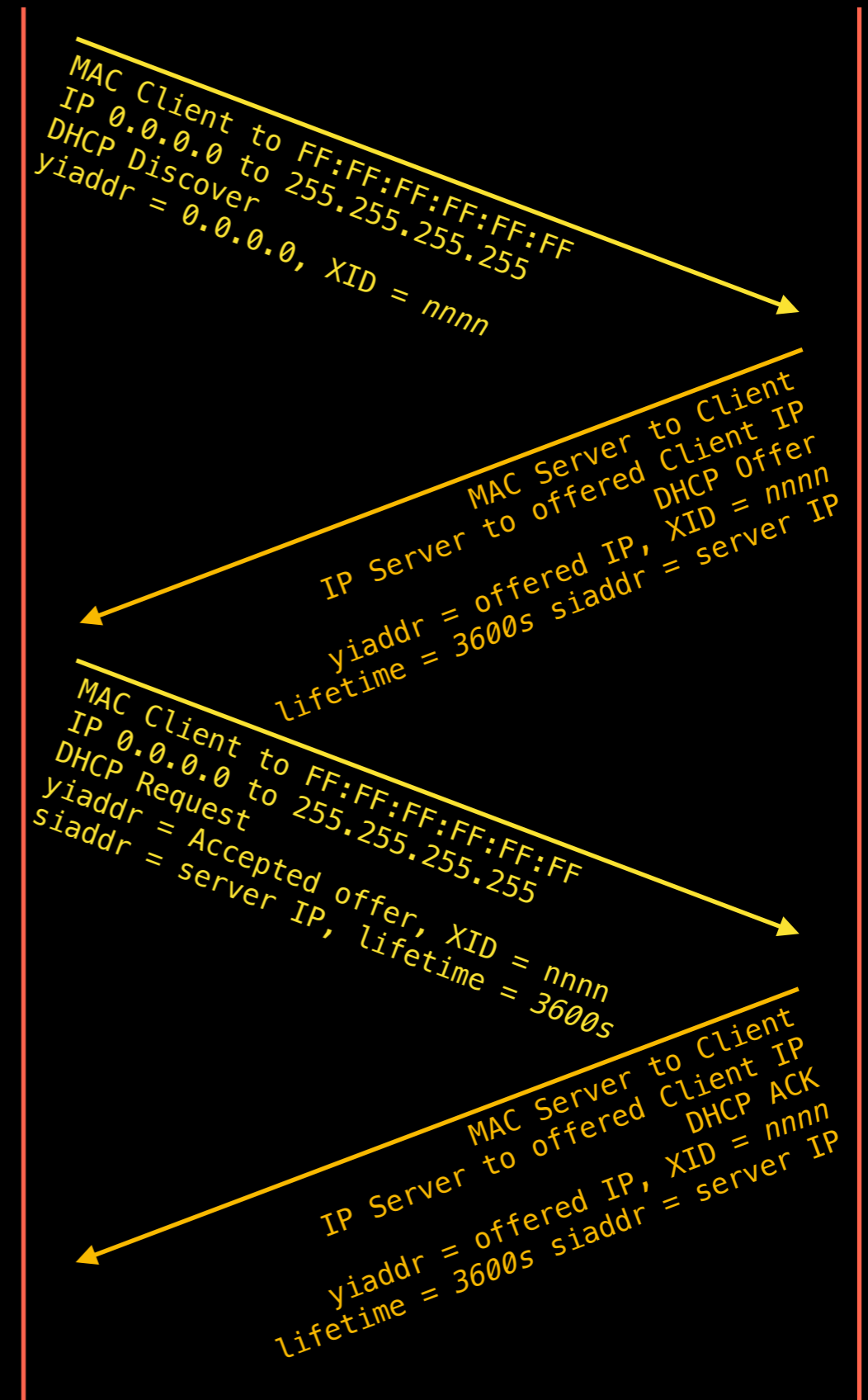
Le protocole en pratique

UDP 68 (client) et 67 (serveurs)

Utilisation d'IP Broadcast

et idem au niveau lien

OP	HTYPE	HLEN	HOPS
XID			
SECS		FLAGS	
CIADDR			
YIADDR			
SIADDR			
GIADDR			
CHADDR			
0x63825363 (MAGIC COOKIE)			
DHCP Options			

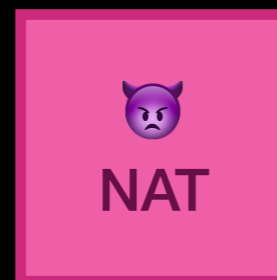


Voir le Kurose

Network Address Translation

Le sombre secret des réseau IPv4

IP internet public	port TCP	IP local	port TCP
138.76.29.7	5001	192.168.1.2	3345
138.76.29.7	5002	192.168.1.42	4267
138.76.29.7	5003	192.168.1.12	8763
138.76.29.7	5004	192.168.1.31	6789



Network Address Translation

Le sombre secret des réseau IPv4

IP internet public	port TCP	IP local	port TCP
138.76.29.7	5001	192.168.1.2	3345
138.76.29.7	5002	192.168.1.42	4267
138.76.29.7	5003	192.168.1.12	8763
138.76.29.7	5004	192.168.1.31	6789

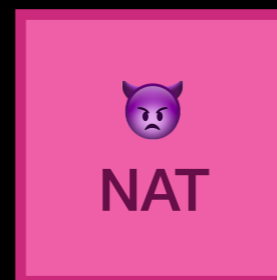
192.168.1.2 | 1.2.3.4 | 3345 | 80



Network Address Translation

Le sombre secret des réseau IPv4

IP internet public	port TCP	IP local	port TCP
138.76.29.7	5001	192.168.1.2	3345
138.76.29.7	5002	192.168.1.42	4267
138.76.29.7	5003	192.168.1.12	8763
138.76.29.7	5004	192.168.1.31	6789



Network Address Translation

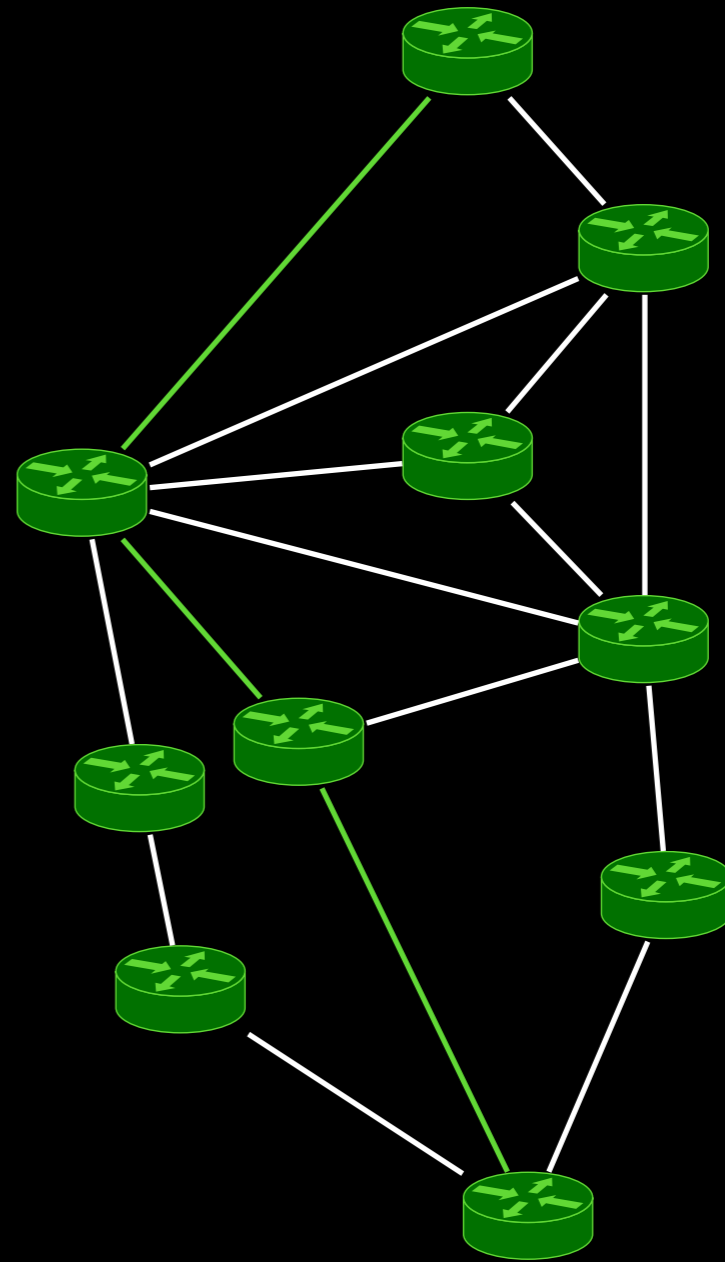
Le sombre secret des réseau IPv4

IP internet public	port TCP	IP local	port TCP
138.76.29.7	5001	192.168.1.2	3345
138.76.29.7	5002	192.168.1.42	4267
138.76.29.7	5003	192.168.1.12	8763
138.76.29.7	5004	192.168.1.31	6789



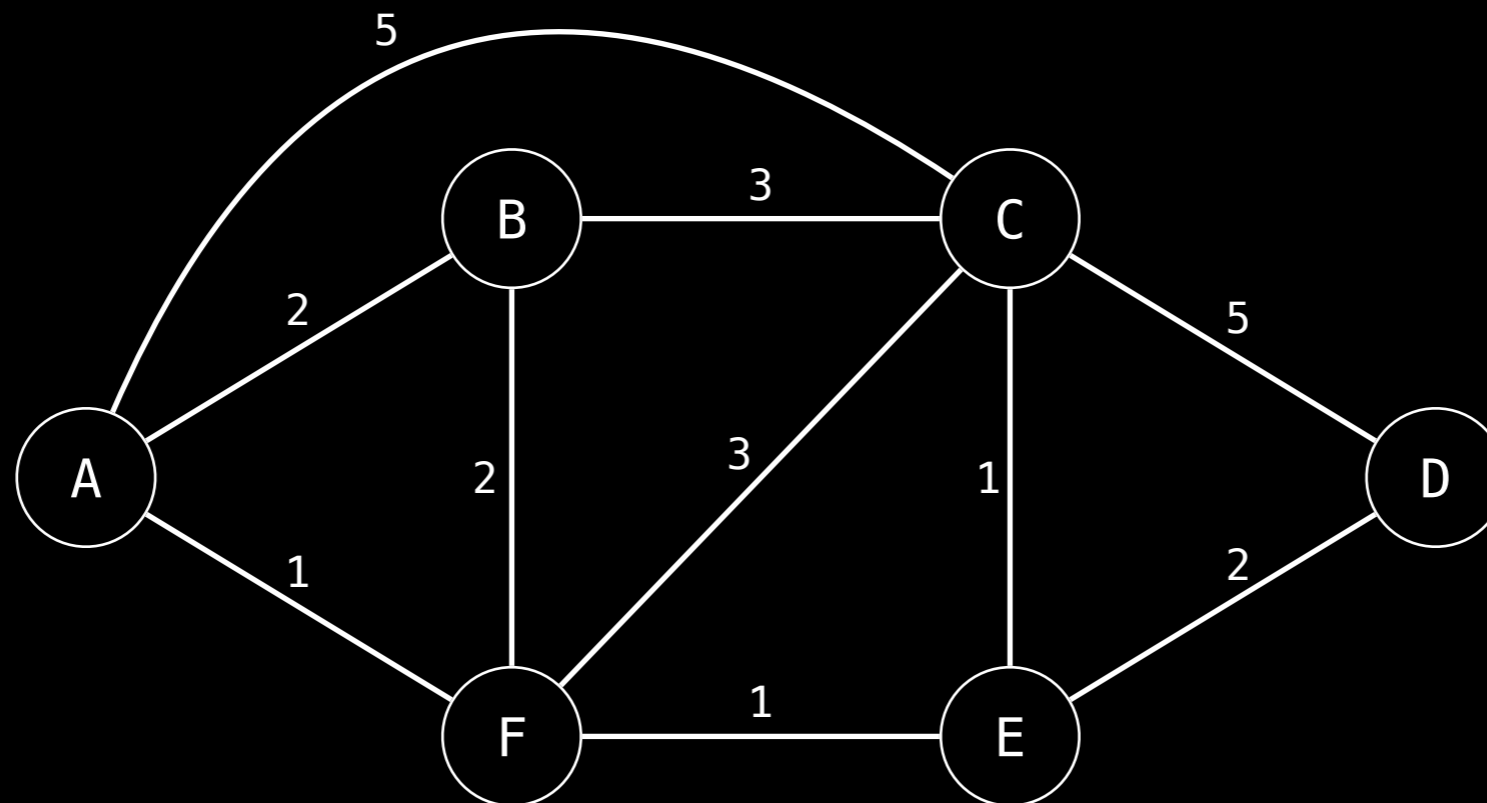
Plan de Contrôle

Comment construire
les tables de routage



Le problème de base

Trouver le meilleur chemin dans un graphe



Avez-vous déjà croisé cet objet ?

Problème de plus court chemin

Plusieurs approches

Cette semaine :

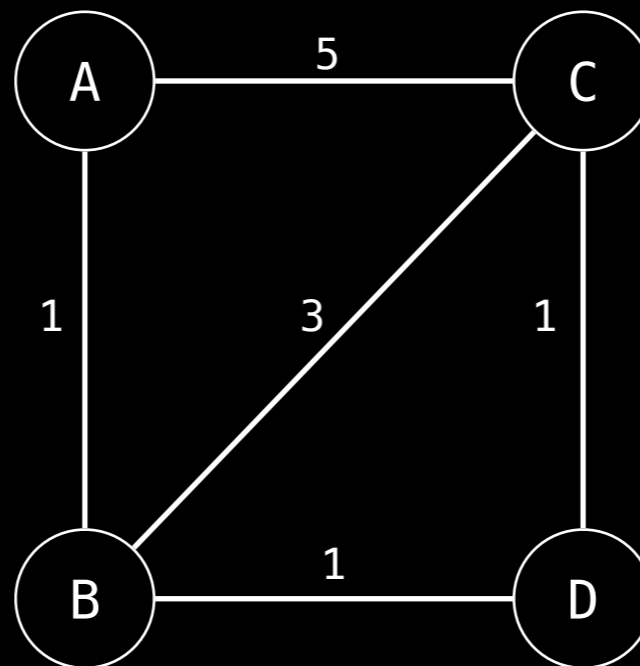
- Distance-Vector (DV) basée sur Bellman Ford
- Link-State (LS) basée sur Dijkstra

La semaine prochaine :

- Path Vector

Algorithme de Bellman-Ford (DV)

Exemple de calcul distribué de distance



Algorithme de Bellman-Ford (DV)

Exemple de calcul distribué de distance

A t=0

Dest	Dist	Next Hop
A	0	SELF
B	1	B
C	5	C
D	INF	-

Dest	Dist	Next Hop
A	1	B
B	0	SELF
C	3	C
D	1	D

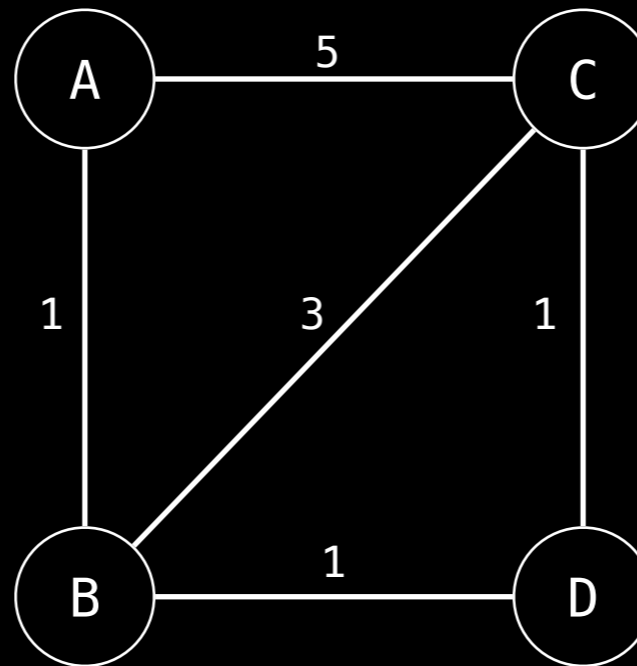
B t=0

C t=0

Dest	Dist	Next Hop
A	5	A
B	3	B
C	0	SELF
D	1	D

Dest	Dist	Next Hop
A	INF	-
B	1	B
C	1	C
D	0	SELF

D t=0



Algorithme de Bellman-Ford (DV)

Exemple de calcul distribué de distance

A t=0

Dest	Dist	Next Hop
A	0	SELF
B	1	B
C	5	C
D	INF	-

A t=1

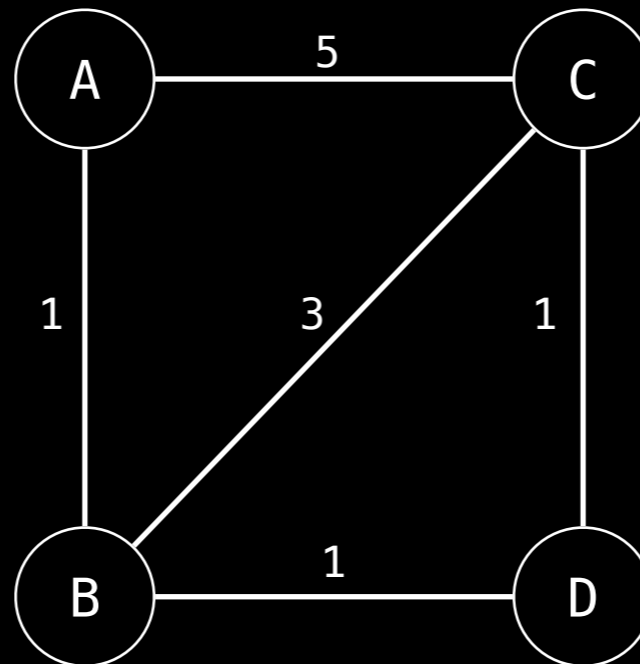
Dest	Dist	Next Hop
A	0	SELF
B	1	B
C	4	B
D	2	B

C t=0

Dest	Dist	Next Hop
A	5	A
B	3	B
C	0	SELF
D	1	D

C t=1

Dest	Dist	Next Hop
A	4	B
B	3	B
C	0	SELF
D	1	D



Dest	Dist	Next Hop
A	1	B
B	0	SELF
C	3	C
D	1	D

Dest	Dist	Next Hop
A	1	B
B	0	SELF
C	2	D
D	1	D

Dest	Dist	Next Hop
A	INF	-
B	1	B
C	1	C
D	0	SELF

Dest	Dist	Next Hop
A	2	B
B	1	B
C	1	C
D	0	SELF

B t=0

B t=1

D t=0

D t=1

Algorithme de Bellman-Ford (DV)

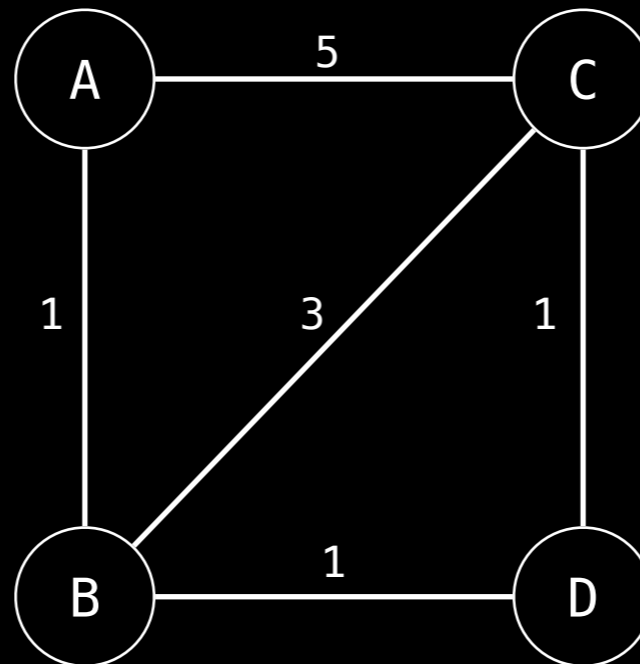
Exemple de calcul distribué de distance

A t=1

Dest	Dist	Next Hop
A	0	SELF
B	1	B
C	4	B
D	2	B

Dest	Dist	Next Hop
A	1	B
B	0	SELF
C	2	D
D	1	D

B t=1



C t=1

Dest	Dist	Next Hop
A	4	B
B	3	B
C	0	SELF
D	1	D

Dest	Dist	Next Hop
A	2	B
B	1	B
C	1	C
D	0	SELF

D t=1

Algorithme de Bellman-Ford (DV)

Exemple de calcul distribué de distance

A t=2

Dest	Dist	Next Hop
A	0	SELF
B	1	B
C	3	B
D	2	B

A t=1

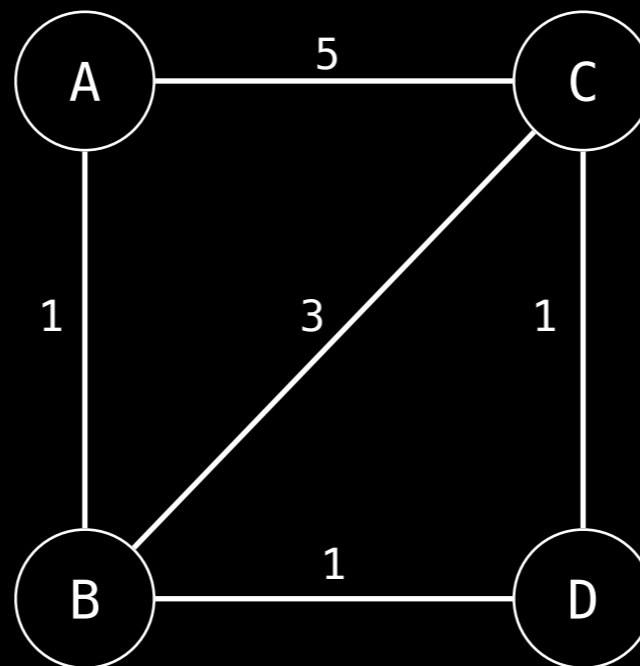
Dest	Dist	Next Hop
A	0	SELF
B	1	B
C	4	B
D	2	B

C t=2

Dest	Dist	Next Hop
A	3	D
B	3	B
C	0	SELF
D	1	D

C t=1

Dest	Dist	Next Hop
A	4	B
B	3	B
C	0	SELF
D	1	D



Dest	Dist	Next Hop
A	2	B
B	1	B
C	1	C
D	0	SELF

D t=2

Dest	Dist	Next Hop
A	2	B
B	1	B
C	1	C
D	0	SELF

D t=1

B t=2

Dest	Dist	Next Hop
A	1	B
B	0	SELF
C	2	D
D	1	D

B t=1

Dest	Dist	Next Hop
A	1	B
B	0	SELF
C	2	D
D	1	D

Algorithme de Bellman-Ford (DV)

L'algorithme

- Initialiser un tableau avec les distances des voisins immédiat, et INF / - autrement.
- Transmettre la table aux voisins
- Pour chaque réception de table :
 - Mettre à jour la table si un chemin plus court apparait, noter le next hop
 - Si la table a été mise à jour, la transmettre

Cet algorithme converge !

Limites de Bellman-Ford (DV)

Que se passe-t-il lorsque le coût d'un lien augmente

Une rupture de lien c'est une augmentation à INF

- On doit garder les dernière table reçu des voisins
- On calcul notre nouveau coût + next Hop, puis on envoie aux voisins nos nouveaux coûts

Problème : count to infinity

Let's try again

Link-State (LS) basé sur l'algorithme de Dijkstra

On propage l'état des liens
Chacun a une vue globale et
calcule les chemins

- Reliable flooding : Je maintiens une table de lien
- Je signale à mes voisins toute mise à jour
- Je met à jour ma table lorsque je reçois un update
- Je calcul localement avec Dijkstra, on visite chaque nœud à l'aide d'une file de priorité
- On remonte les graphes pour construire la table

Dijkstra

Exécution en pratique

- La distance le nœud de départ est 0, insérer le nœud de départ dans la file de priorité (par distance).
- Tant que la file est non vide :
 - Prendre le premier élément, le marquer comme visité,
 - Pour chaque voisin non visité :
 - Calculer sa distance via le nœud en cour
 - Si plus faible que distance actuelle, mettre à jour la distance, et insérer / avancer dans la file de priorité en conséquence

Voir Tableau

Comparaison

C'est vous qui réfléchissez

Voir Tableau

Questions ?

N'oubliez pas les Offices Hours si besoin

Jeudis 18h-19h en vocal sur discord

Résumé

Qu'avons nous vu aujourd'hui'hui

Est-ce que vos notes ont tout ça ?

- Notion de Lien
- Comment attribuer les IP pour faire marcher le forwarding IP
- DHCP le protocole pour distribuer des IP sur un lien
- Un exemple de violation des couches, le NAT
- Les deux algorithmes de base pour le routage
 - Bellman Ford
 - Dijkstra

La prochaine fois

Le Routage suite et fin, des exemples de lien

- Aperçu des protocoles de routage
- Routage à l'échelle d'internet :
 - Notion d'Autonomous System (AS)
 - Le protocole BGP (Path-Vector)
- Des exemples d'approches différentes du routage IP classique
 - MPLS
 - Software Defined Networking
- Le travail d'un lien, et de la couche physique (exemples)