

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

Routage

- Notion d'AS

- Routage intra AS, aperçu d'OSPF

- Routage inter AS

 - Protocol par Path Vector, BGP

 - iBGP et eBGP

 - Les problèmes politiques

- D'autres idées pour le routage:

 - MPLS

 - Intro à SDN

Comment marche un lien, exemple d'ethernet

- Ne parlez pas tous en même temps

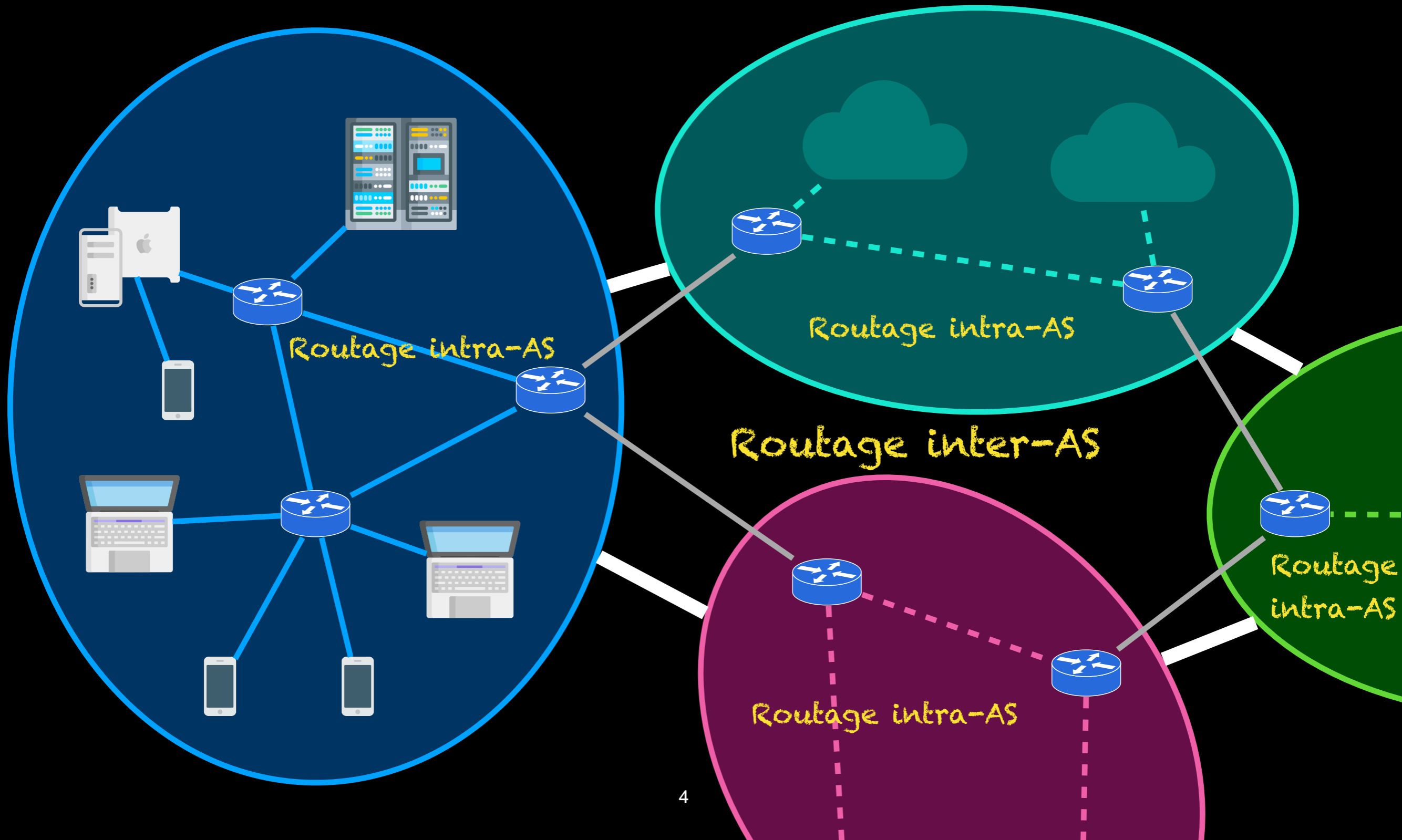
- C'est pour qui ce message

- Des switches et des bridges

Et en dessous ?

Rappel : Notion d'AS

Niveau de hiérarchie



Routage intra AS

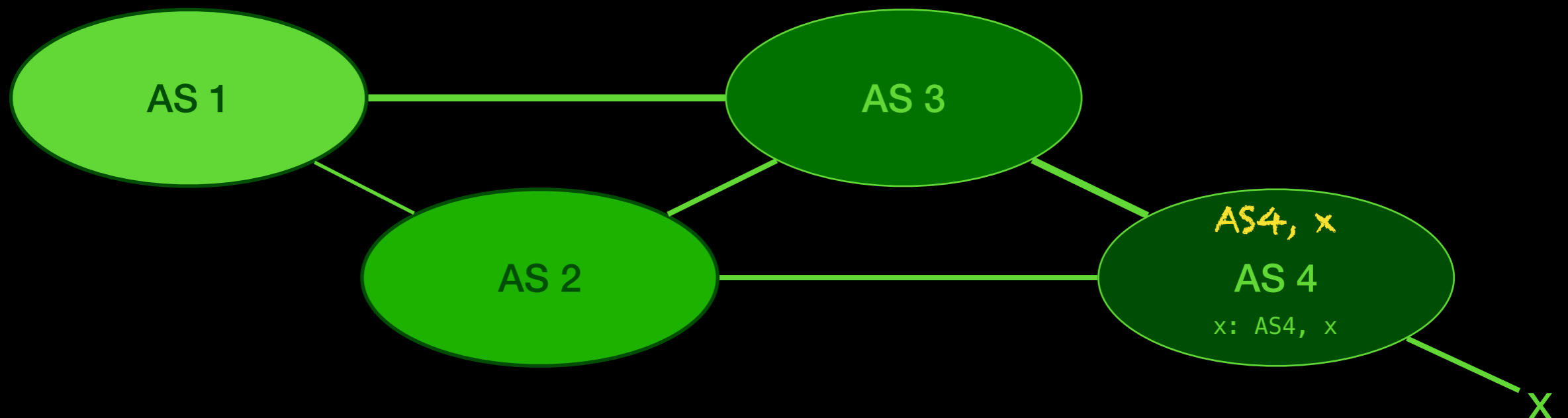
Comment on utilise Dijkstra en pratique ?

- Protocol OSPF, au dessus de IPv4 ou v6 (protocol 89)
- Le coût des liens est fixé par l'administrateur
 - Ingénierie du trafic
- Il existe aussi IS-IS implémenté directement au dessus des liens

Routage inter-AS

Le protocole BGP (simplifié)

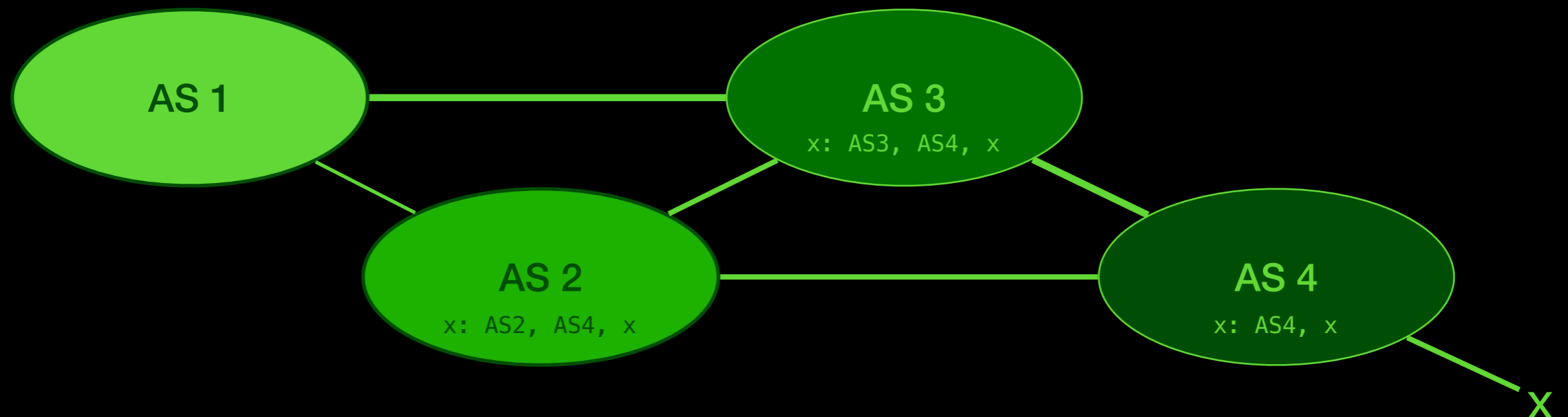
- Chaque AS annonce à ses voisins des routes :
Destination + liste de AS traversées (AS-Path)
- Les AS en déduisent leur routes (comme Bellman-Ford) et rediffusent ces routes
- L'AS-Path permet d'éviter les boucles et count-to-infinity



Routage inter-AS

Le protocole BGP (simplifié)

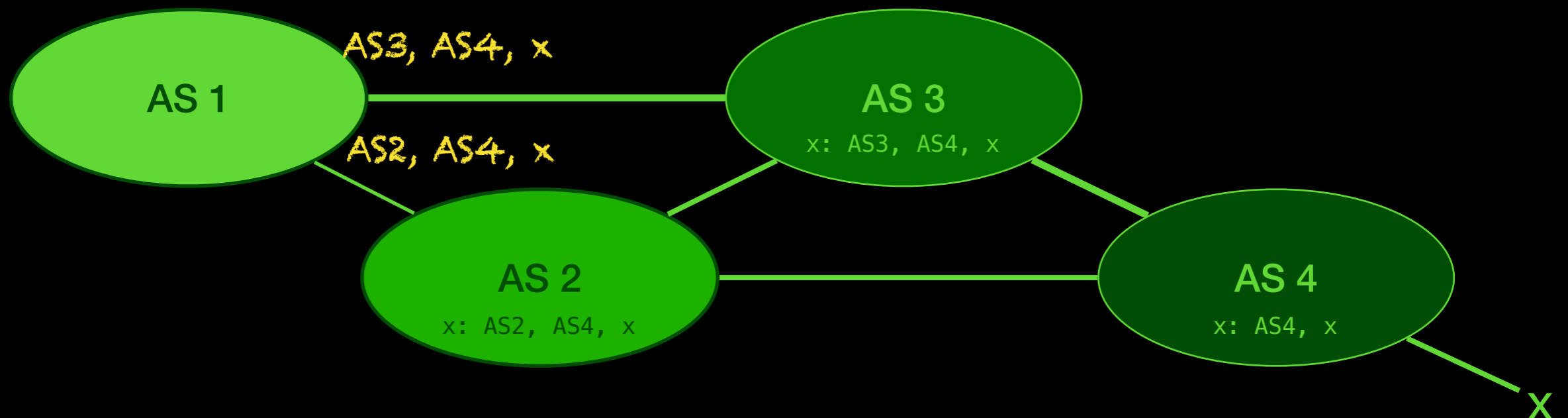
- Chaque AS annonce à ses voisins des routes :
Destination + liste de AS traversées (AS-Path)
- Les AS en déduisent leurs routes (comme Bellman-Ford) et rediffusent ces routes
- L'AS-Path permet d'éviter les boucles et count-to-infinity



Routage inter-AS

Le protocole BGP (simplifié)

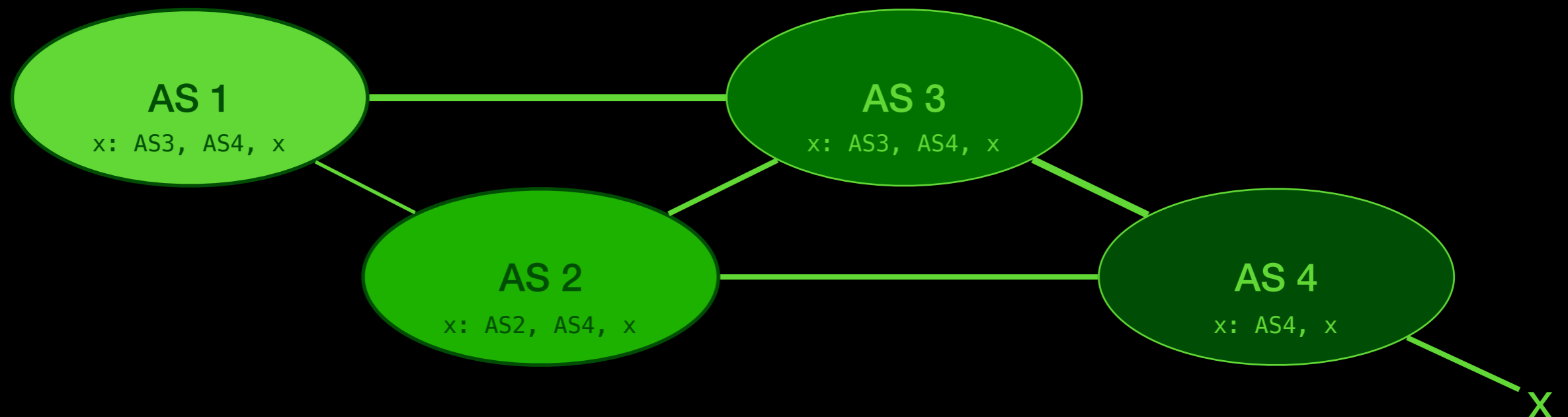
- Chaque AS annonce à ses voisins des routes : Destination + liste de AS traversées (AS-Path)
- Les AS en déduisent leur routes (comme Bellman-Ford) et rediffusent ces routes
- L'AS-Path permet d'éviter les boucles et count-to-infinity



Routage inter-AS

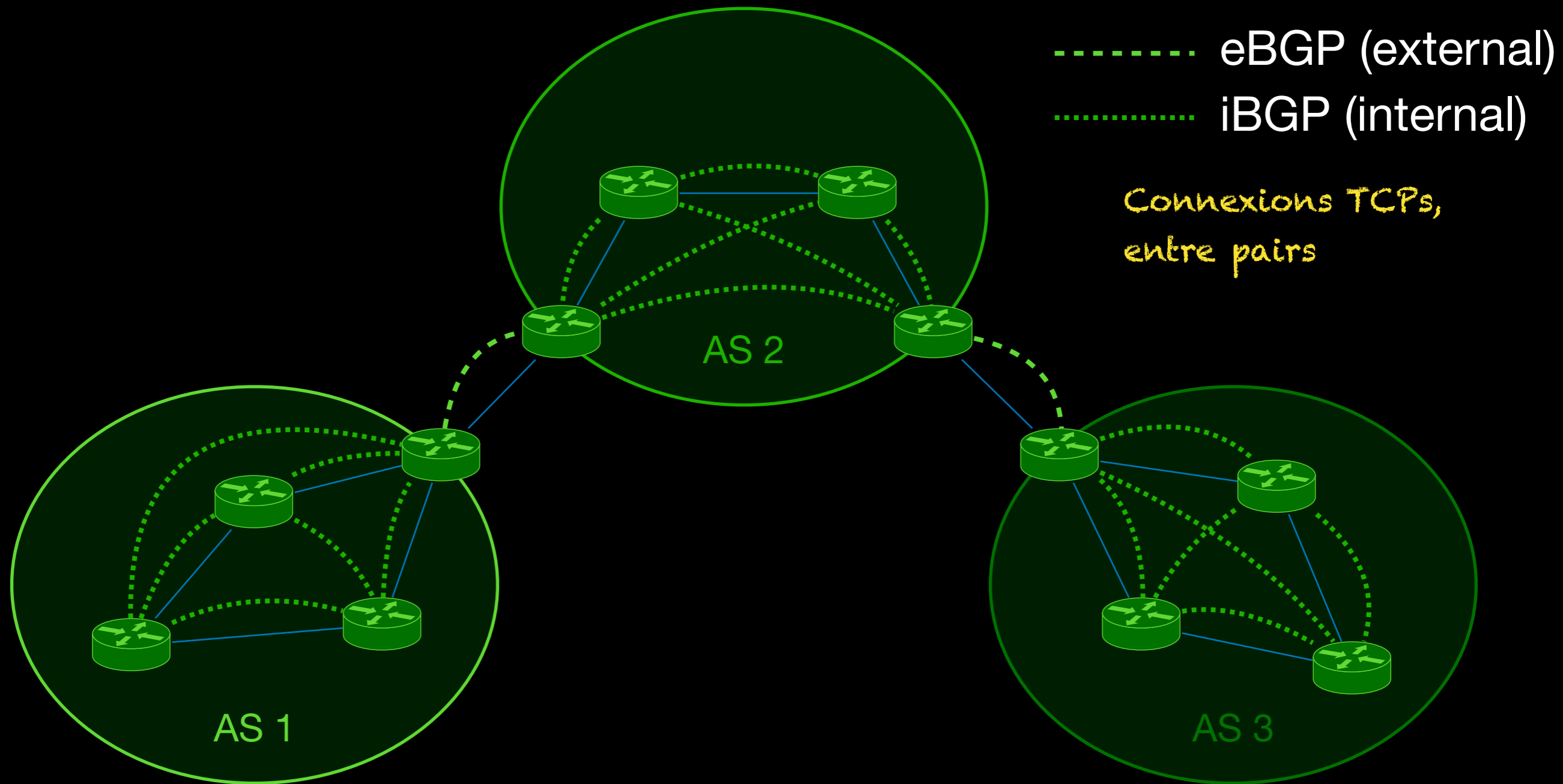
Le protocole BGP (simplifié)

- Chaque AS annonce à ses voisins des routes : Destination + liste de AS traversées (AS-Path)
- Les AS en déduisent leur routes (comme Bellman-Ford) et rediffusent ces routes
- L'AS-Path permet d'éviter les boucles et count-to-infinity



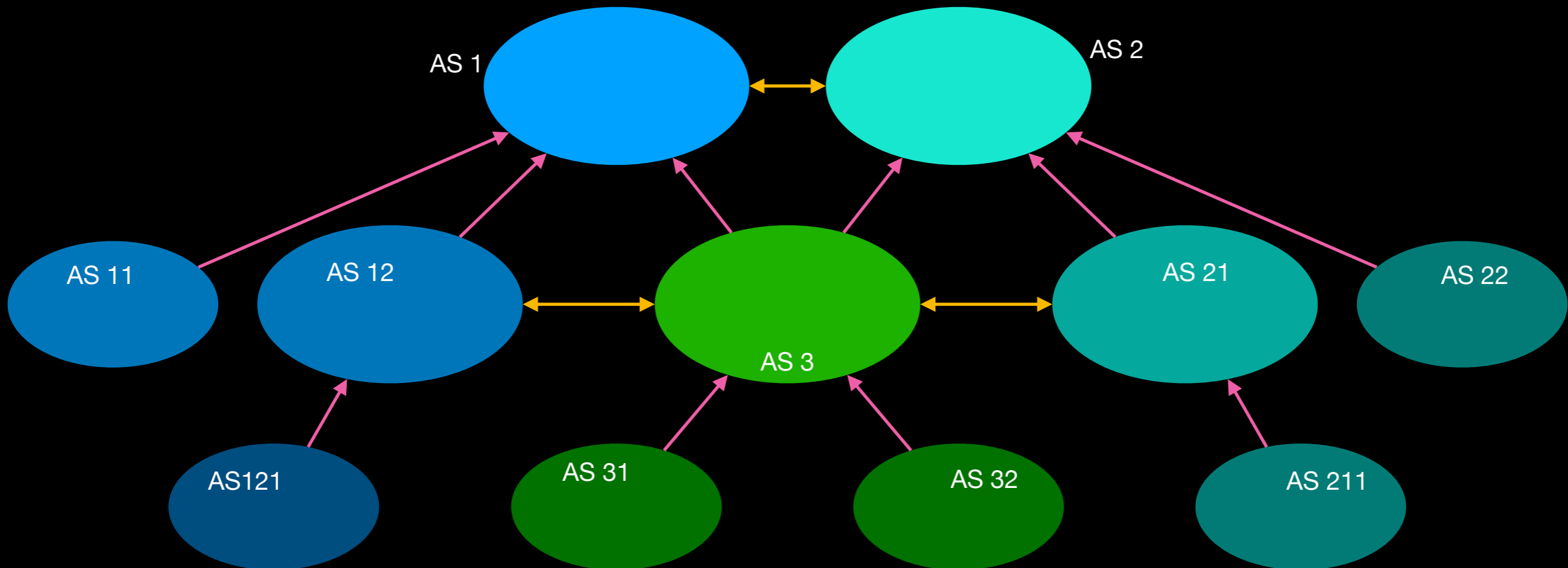
eBGP et iBGP

BGP est implémenté sur des routeurs !



Transit et Peering

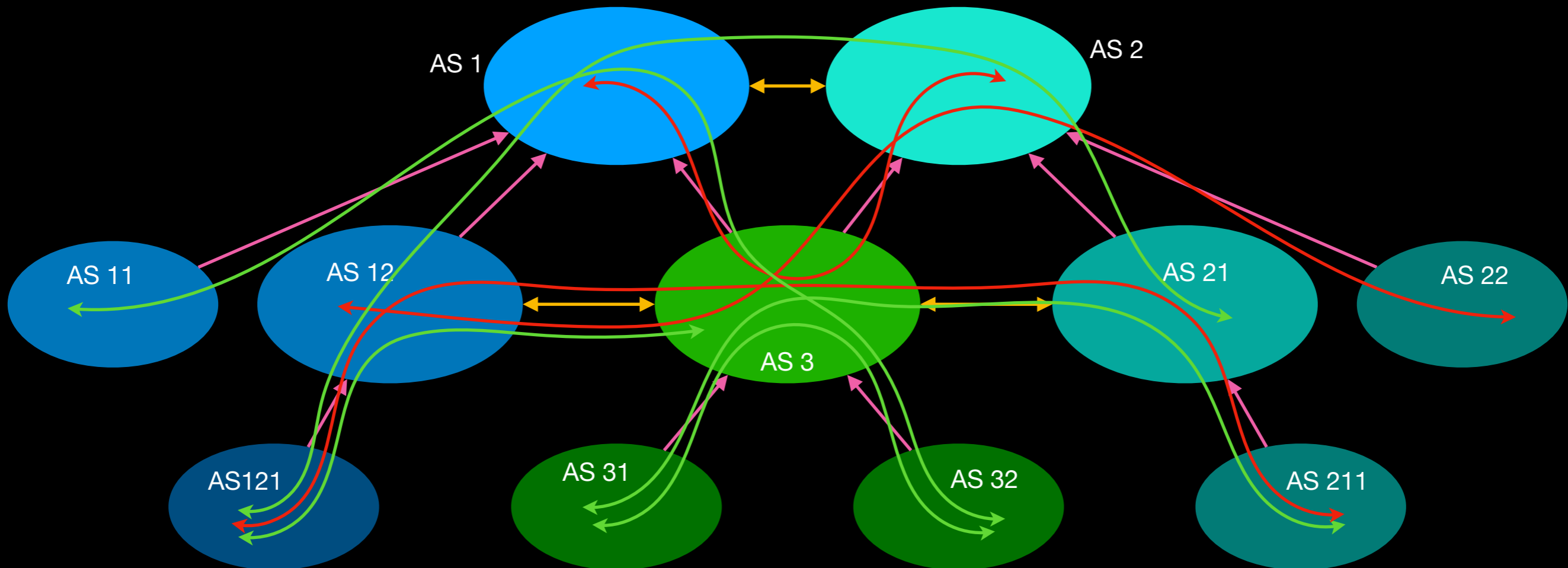
Les logiques commerciales



Transit et Peering

Les logiques commerciales

Valley-free routing



On filtre les routes que l'on annonce

On annonce les routes de nos clients à nos pairs et transitaires,

On annonce à nos clients les routes venues de nos pairs et transitaires

On n'annonce PAS les routes de nos pairs ou transitaires à nos pairs ou transitaires

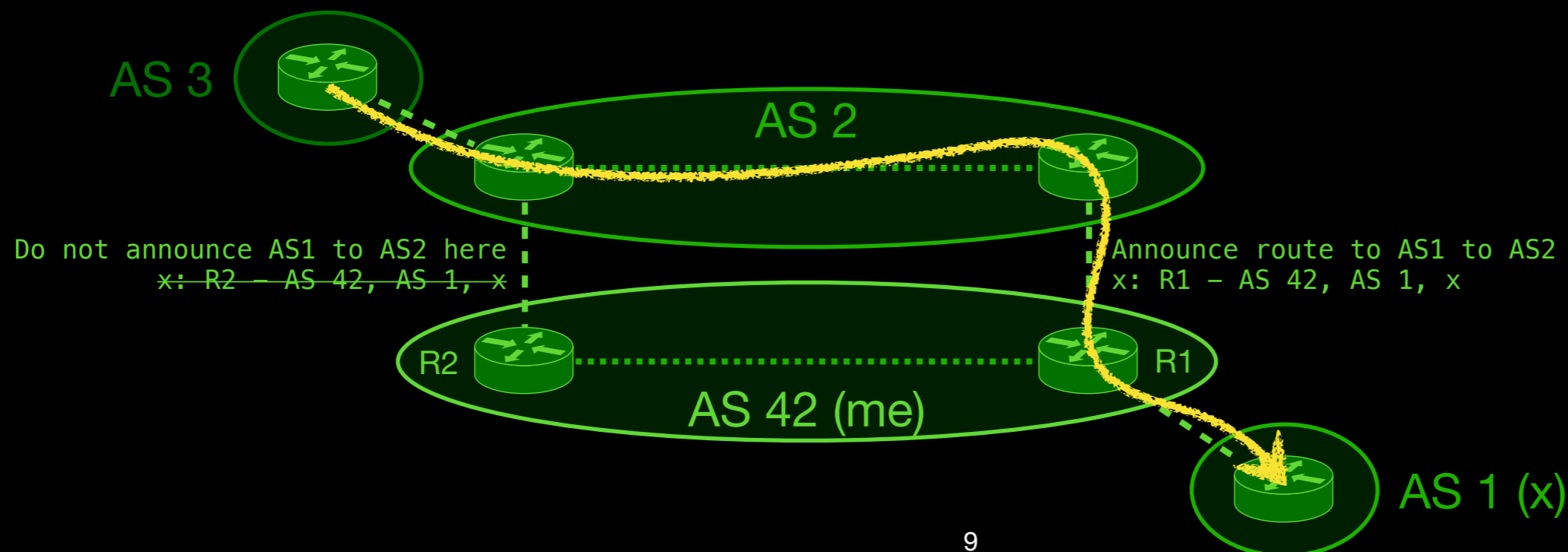
D'autres choix

AS douteuse, ingénierie du trafic

- On m'annonce un excellent chemin pour Youtube par une AS Russe...

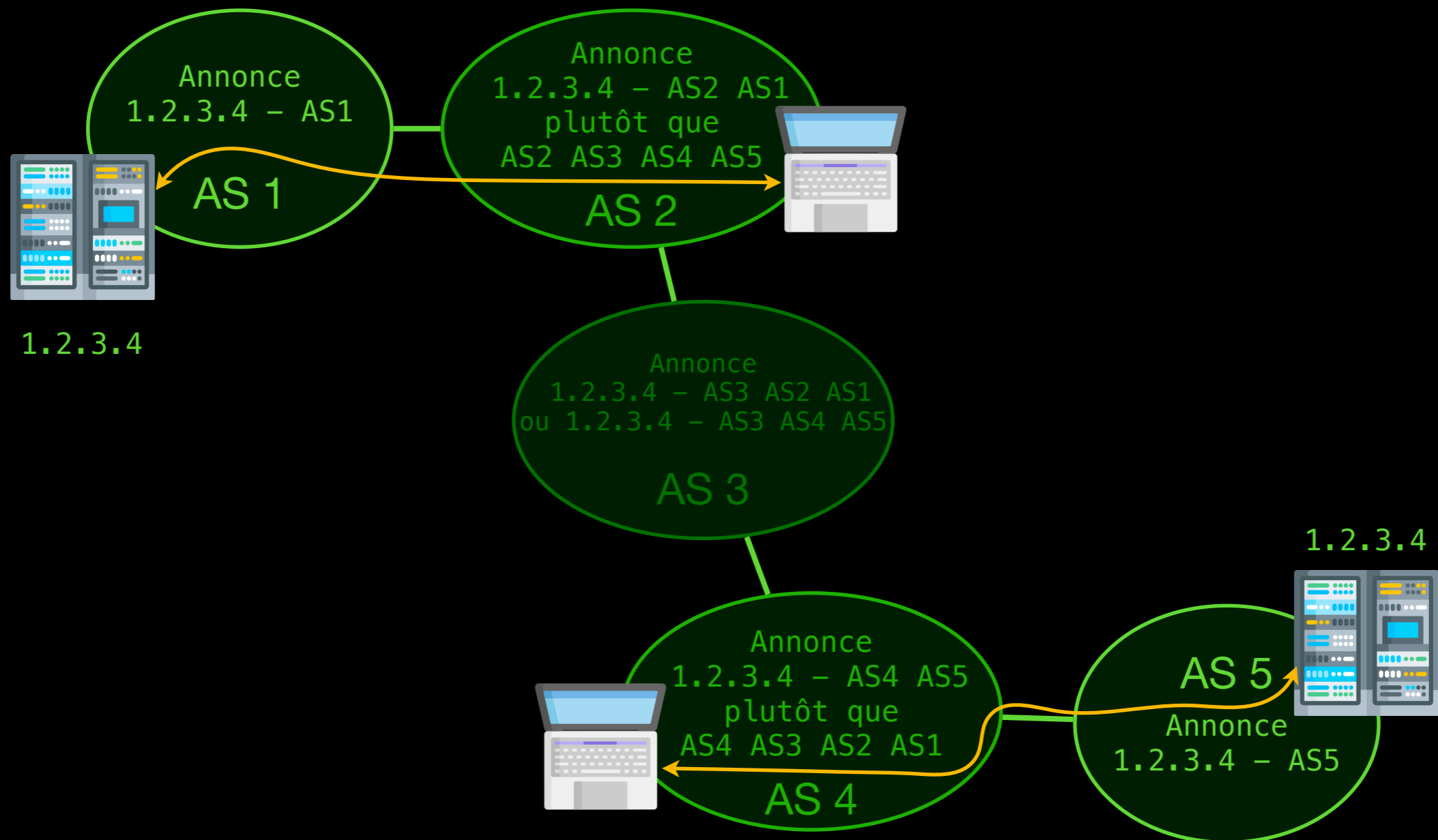
On élimine les chemins avec l'AS Louche

- Je ne veux pas me faire refiler une patate chaude à l'autre bout du continent



Serveurs Anycasts

Annoncer un bloc d'IP à plusieurs endroit



Routage in a nutshell

- Routage Intra AS, en général basé sur Dijkstra ou Bellman Ford
- Routage Inter AS, basé sur BGP, selon approche par Path Vector
- Au niveau inter-AS les routes sont filtrés et sélectionnés selon des raison commerciales et d'ingénierie
- Dans tout les cas on obtient une table de routage, utilisé par le plan de donné pour transmettre les paquets.

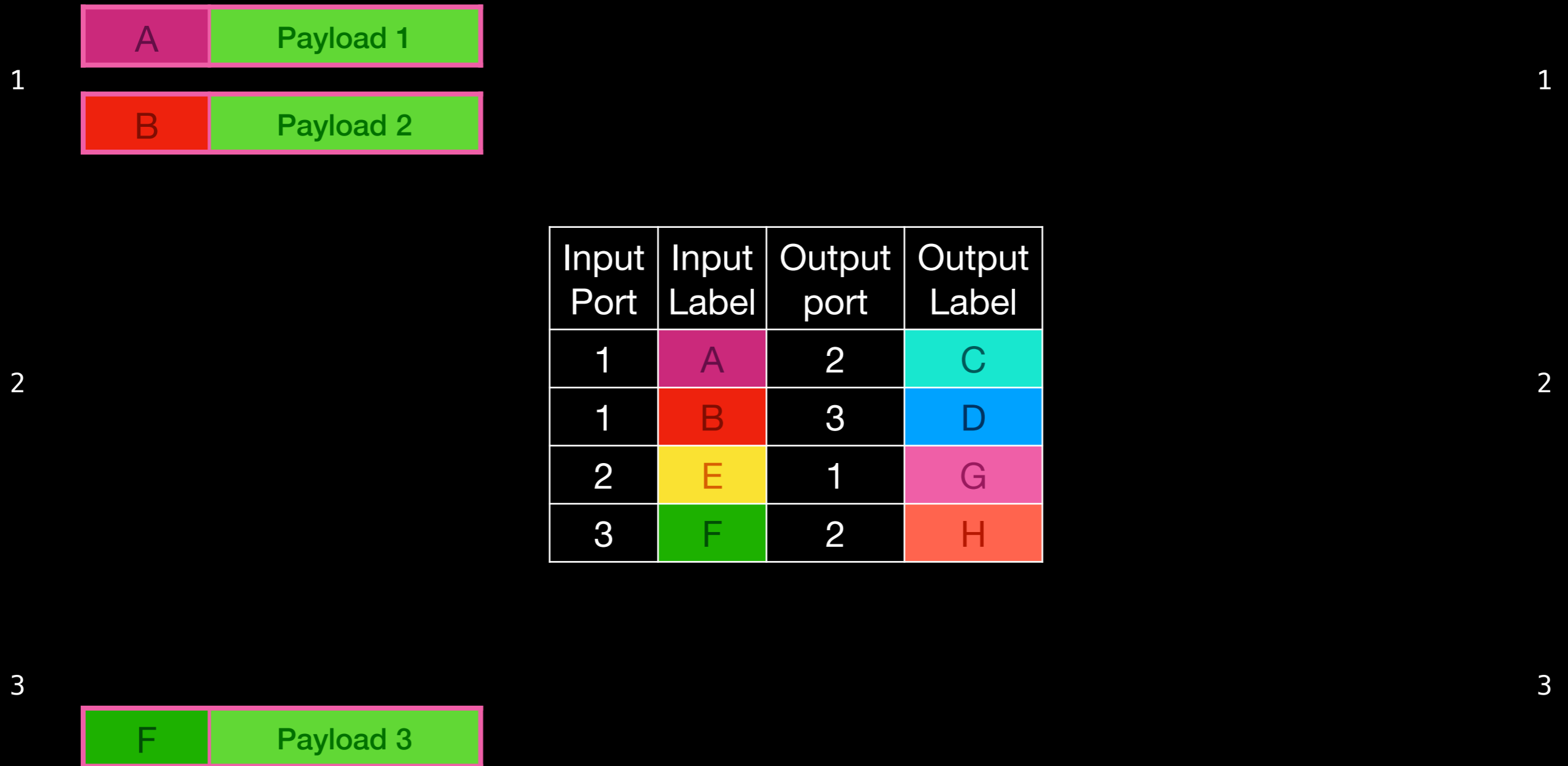
D'autres approches de transmission (1)

MPLS Multi Purpose Label Switching

Input Port	Input Label	Output port	Output Label
1	A	2	C
1	B	3	D
2	E	1	G
3	F	2	H

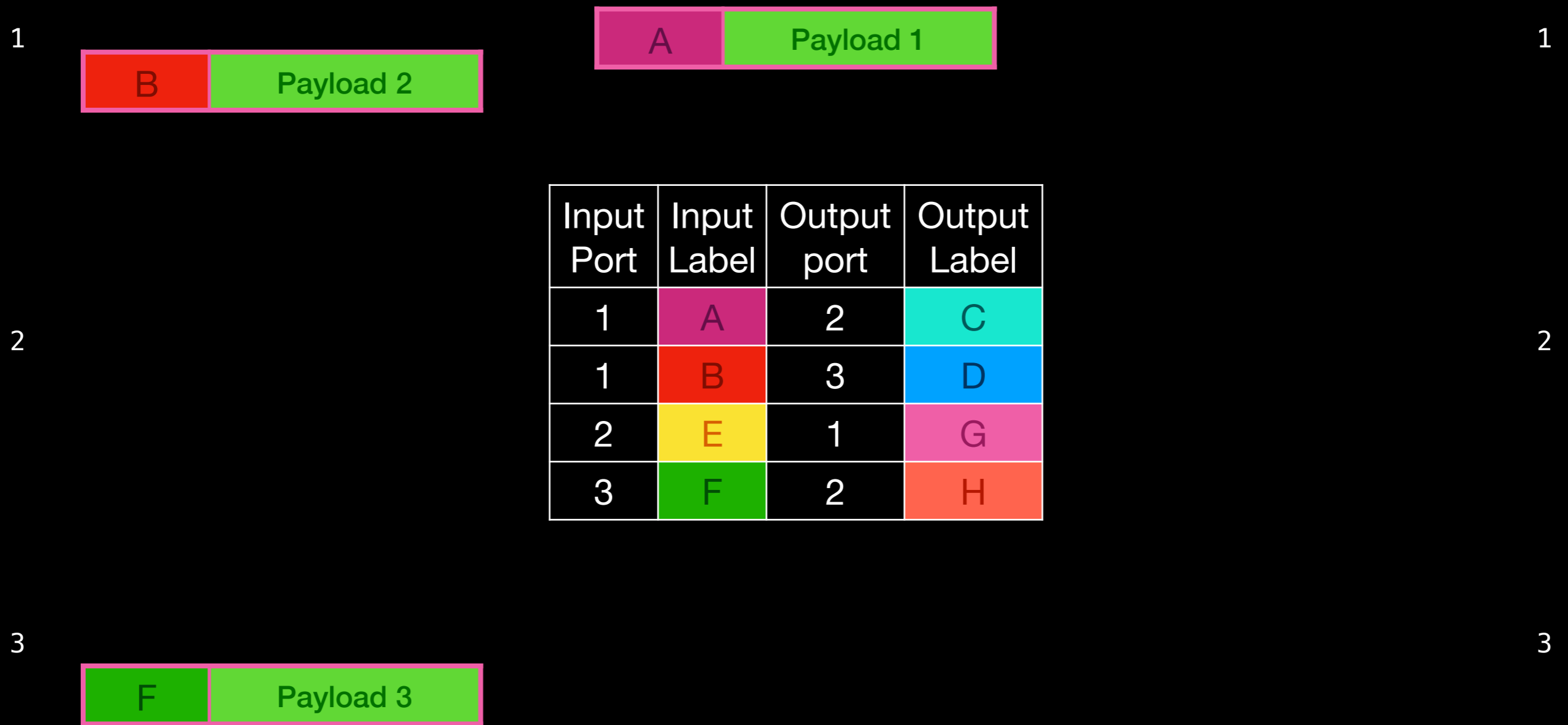
D'autres approches de transmission (1)

MPLS Multi Purpose Label Switching



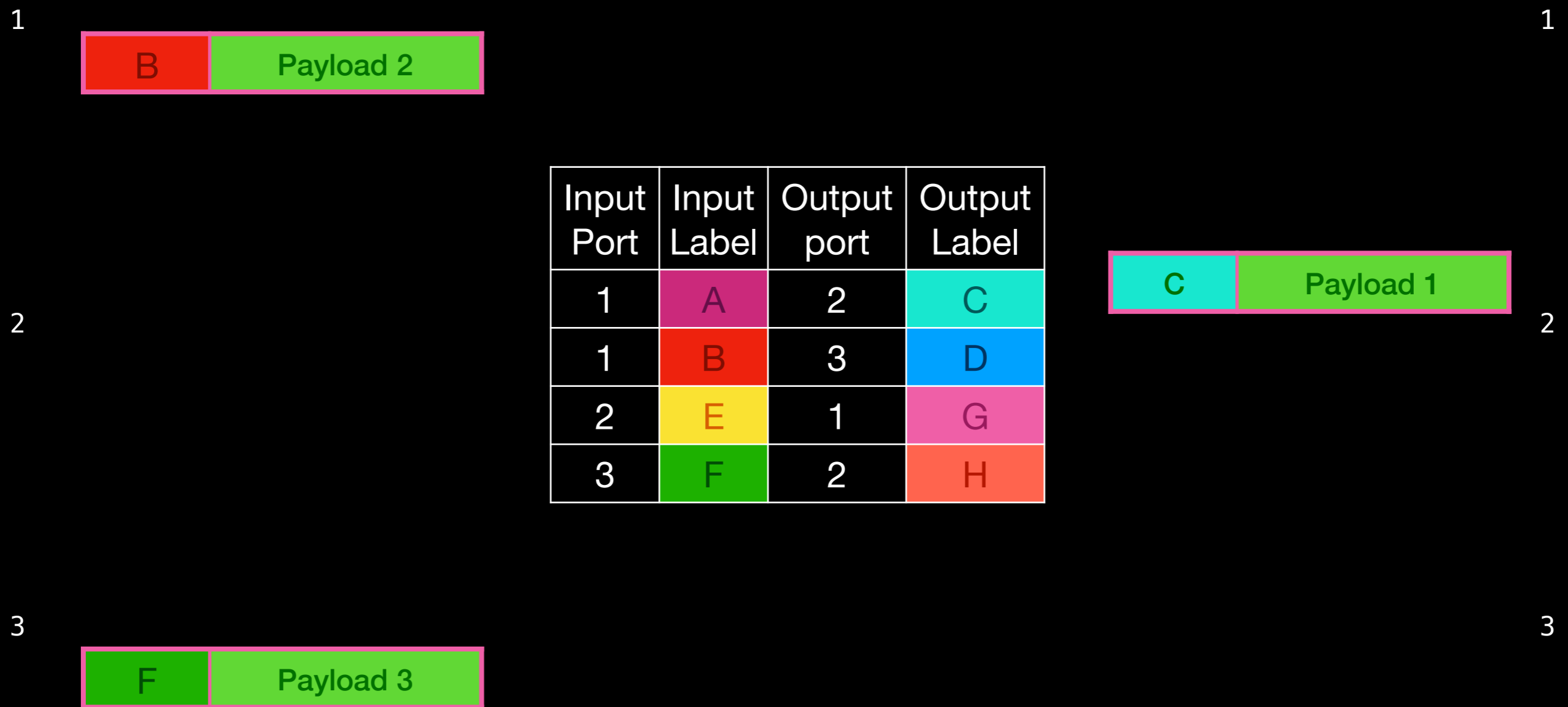
D'autres approches de transmission (1)

MPLS Multi Purpose Label Switching



D'autres approches de transmission (1)

MPLS Multi Purpose Label Switching



D'autres approche de transmission (1)

MPLS Multi Purpose Label Switching

1

1

2

2

3

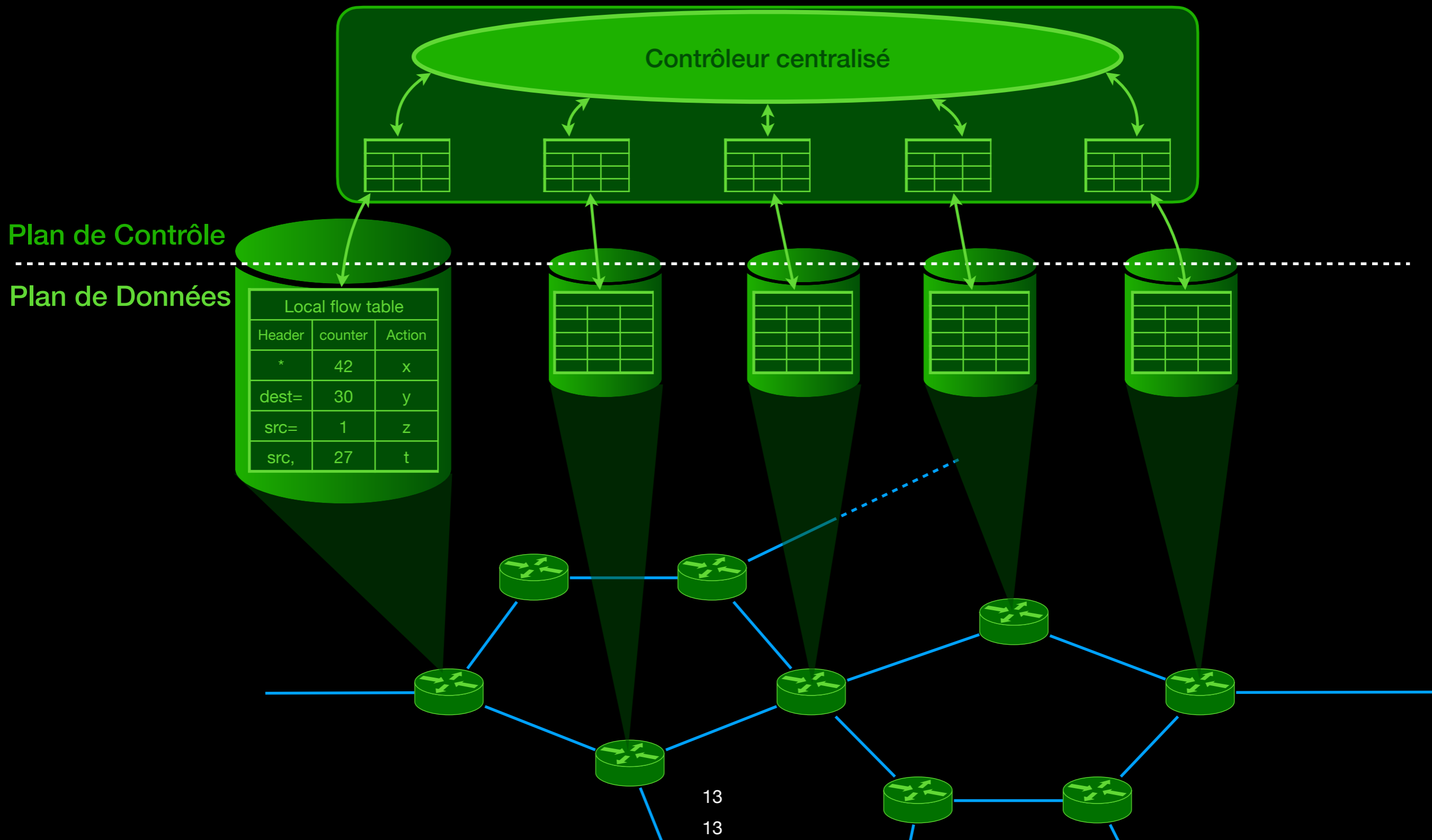
3

Input Port	Input Label	Output port	Output Label
1	A	2	C
1	B	3	D
2	E	1	G
3	F	2	H



D'autres approches de routage (2)

Software Defined Network



Questions

Couche Basses : Lien et Physique



IP over Avian Carrier

RFCs 1149, 2549, 6214



Network Working Group
Request for Comments: 1149
D. Waitzman
BBN STC
1 April 1990

A Standard for the Transmission of IP Datagrams on Avian Carriers

Network Working Group
Request for Comments: 2549
Updates: 1149
Category: Experimental
D. Waitzman
IronBridge Networks
1 April 1999

IP over Avian Carriers with Quality of Service

Independent Submission
Request for Comments: 6214
Category: Informational
ISSN: 2070-1721
B. Carpenter
Univ. of Auckland
1 April 2011

Adaptation of RFC 1149 for IPv6

Abstract

This document specifies a method for transmission of IPv6 datagrams over the same medium as specified for IPv4 datagrams in RFC 1149.

Table of Contents

1. Introduction	2
2. Normative Notation	3
3. Detailed Specifications	3
3.1. Maximum Transmission Unit	2
3.2. Frame Format	3
3.3. Address Configuration	3
3.4. Multicast	4
4. Quality-of-Service Considerations	4
5. Routing and Tunneling Considerations	4
6. Multihoming Considerations	5
7. Internationalization Considerations	5
8. Security Considerations	5
9. IANA Considerations	5

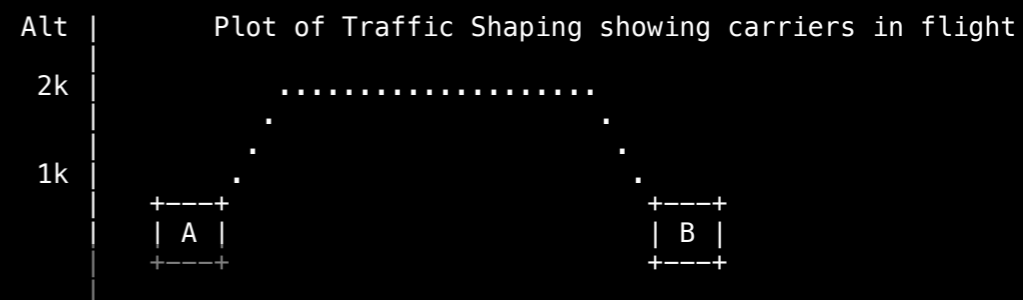
```
Script started on Sat Apr 28 11:24:09 2001
$ /sbin/ifconfig tun0
```

```
tun0 Link encap:Point-to-Point Protocol
inet addr:10.0.3.2 P-t-P:10.0.3.1 Mask:255.255.255.255
UP POINTOPOINT RUNNING NOARP MULTICAST MTU:150 Metric:1
RX packets:1 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0
TX packets:2 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0
collisions:0
RX bytes:88 (88.0 b) TX bytes:168 (168.0 b)
```

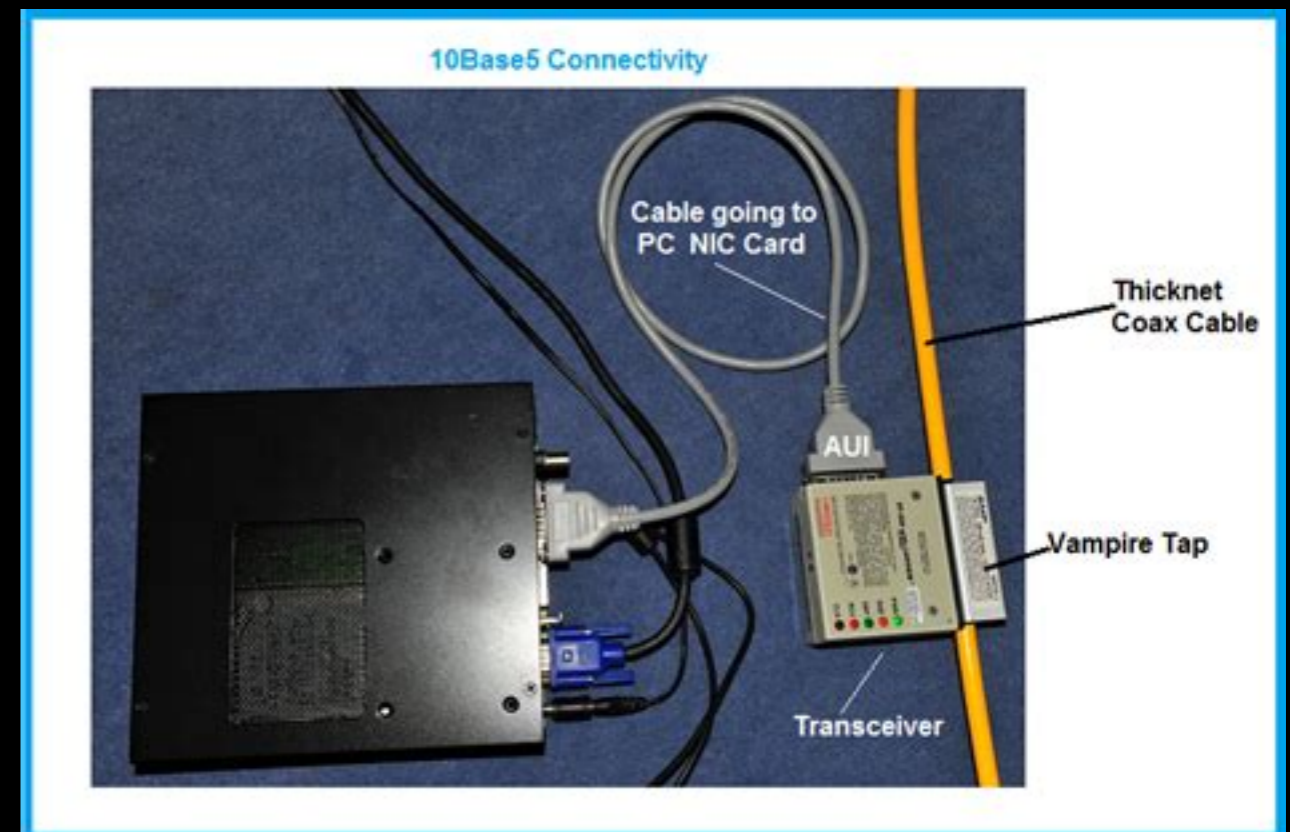
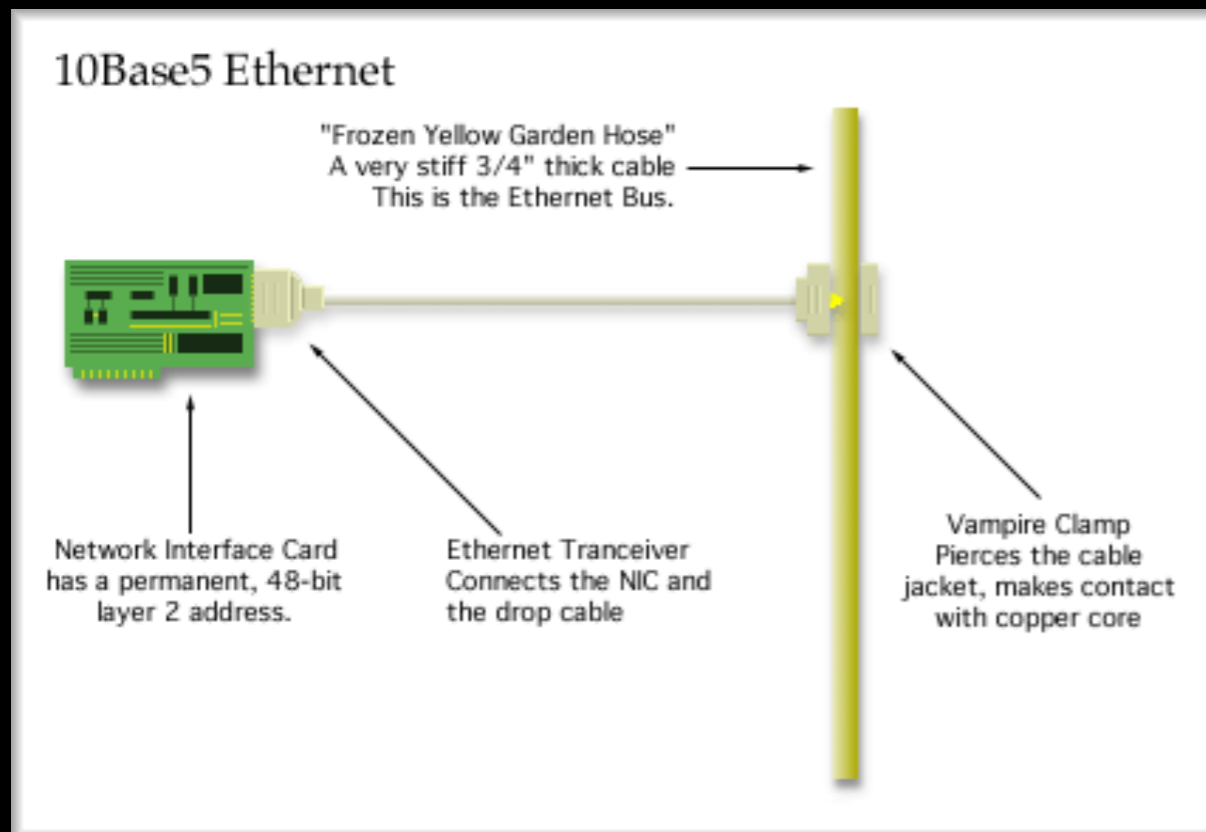
```
$ ping -c 9 -i 900 10.0.3.1
PING 10.0.3.1 (10.0.3.1): 56 data bytes
64 bytes from 10.0.3.1: icmp_seq=0 ttl=255 time=6165731.1 ms
64 bytes from 10.0.3.1: icmp_seq=1 ttl=255 time=3211900.8 ms
64 bytes from 10.0.3.1: icmp_seq=2 ttl=255 time=5124922.8 ms
64 bytes from 10.0.3.1: icmp_seq=3 ttl=255 time=6388671.9 ms
```

```
--- 10.0.3.1 ping statistics ---
9 packets transmitted, 4 packets received, 55% packet loss
round-trip min/avg/max = 3211900.8/5222806.6/6388671.9 ms
```

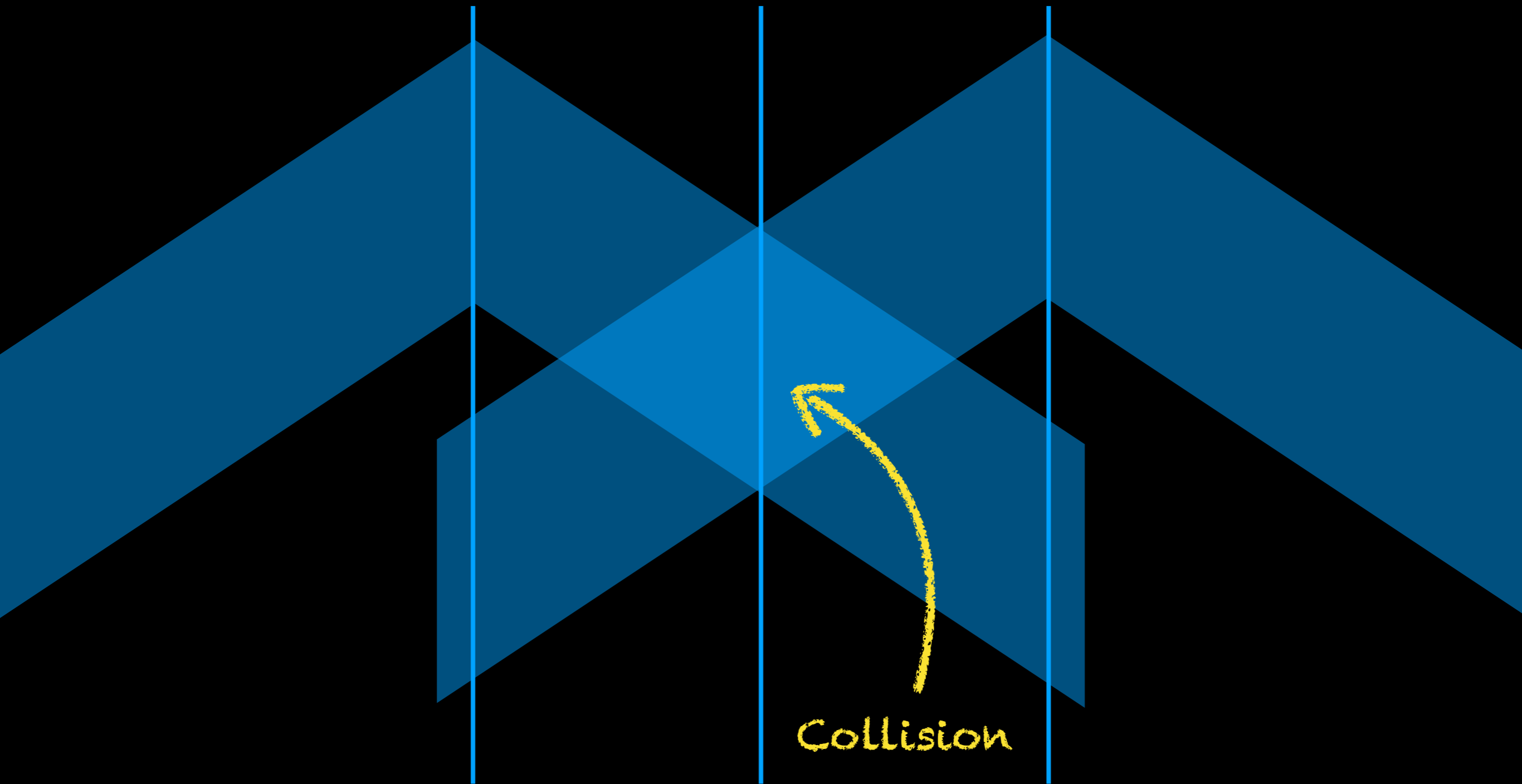
```
Script done on Sat Apr 28 14:14:28 2001
```



Ethernet - le matériel original



Parlez pas tout en même temps



Quelques idées de solution générales

Carrier sense multiple access / collision detection

Solution d'ethernet

Contrainte sur la taille du réseau et des trames
Retransmission

Time division multiplexing

Chacun à un créneau

Frequency division multiplexing

La magie des ondes

C'est pour qui ce message

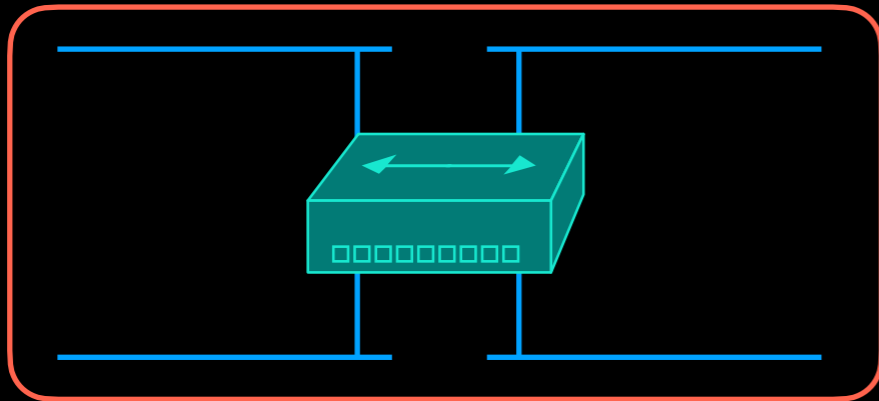
Identifiant MAC : 6 ou 10 octets (e.g. 01:23:45:67:89:ab)

Protocol ARP pour associer IP <-> MAC

Ethernet moderne

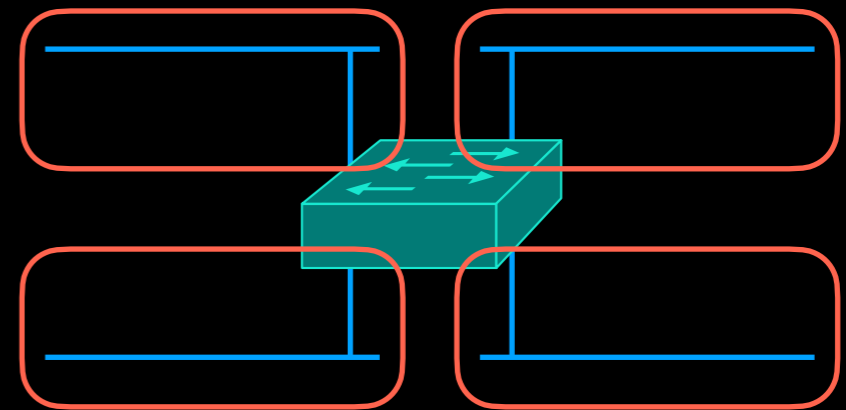
Des hubs et des switches (aka bridge)

Hub



Répète sur tout les ports
1 seul domaine de collision
(niveau 1)

Switch (commutateur)



Transmet le paquet sur le bon port
N (ici 4) domaines de collision
(niveau 2)

Et la couche physique ?

Synchroniser et délimiter

Trame Ethernet :

101010101...101011|paquet(Dest, Src, Taille, Données)| délai entre paquet

Mais aussi, codage radio, code correcteur d'erreur, etc

Et la fibre

Variété de protocoles et de multiplexages

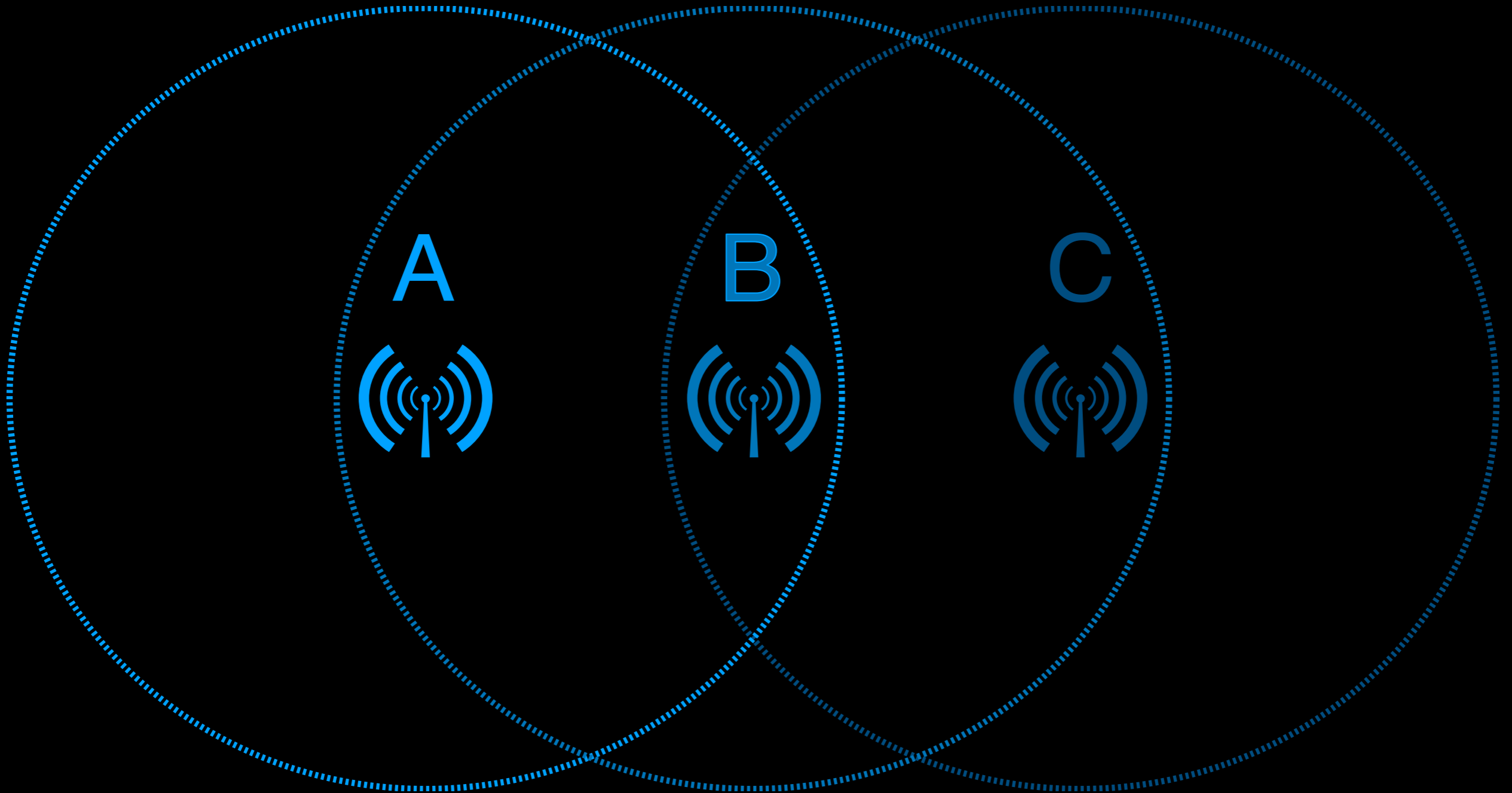
- Multiplexage en longueur d'onde en plus du temps
- Splitter optiques
- Protocoles (X)GPON, EPON, Ethernet, OTN (Optical Transport Network)
- Débits pouvant atteindre plusieurs 10^2 Gb/s
- Remplace même le cuivre dans des bâtiments

un médium physique

—
grande diversité d'usages

Et le wifi ?

Tout le monde ne s'entend pas, et il faut de la sécurité



Conclusion des couches basses

Lien : Gérer et coordonner l'accès au medium

Phy : Encoder l'information et gérer les erreurs

Vaste sujet - recherche active

Retenir la différence entre

- un système point à point comme ethernet avec des switches

et

- un système à diffusion avec un medium partagé entre plusieurs terminaux

Questions

Grandes idées à retenir

- Approche en couche
- Empilement de protocoles
- Hiérarchie du réseau
- Modèle en sablier
 - Diversité de service transport et application
 - Diversité de lien
- Distinction donnée - contrôle

Questions ?

N'oubliez pas les Offices Hours si besoin

Jeudis 18h-19h en vocal sur discord