

Sys1 - Amphi 12

Couche réseau:

Plan de Données et Plan de Contrôle

Where are we ?

Planning du cours

Date		Amphi	Références
17/10/2024 15h-16h30	CM1	Introduction, Socket TCP	Kurose 1.1, 1.5, 1.7, 2.2, 2.7.2 CS:APP 11.1, 11.2, 11.4
05/11/2024 15h-16h30	TP1	Initiation au Réseau, Socket TCP	
12/11/2024 15h-16h30	CM2	Protocoles Applicatifs over TCP, UDP, e.g HTTP, DNS	Kurose 2.1 à 2.4, 2.7 CS:APP 11.3, 11.5, 11.6, 11.7
12/11/2024 15h-16h30	TP2	Socket TCP et UDP	
14/11/2024 15h-16h30	CM3	Protocoles de Transport	Kurose Ch 3, CS:APP 11.3
19/11/2024 15h-16h30	TP3	TP (noté): Reliable Data Transport	
21/11/2024 15h-16h30	CM4	TCP suite et fin , protocole IP , notion de Lien	Kurose Ch 3, 4.1, 4.3, 6.1
26/11/2024 15h-16h30	TP4	TP (noté): Reliable Data Transport (2)	
28/11/2024 15h-16h30	CM5	Forwarding + Routage	Kurose 4.1, 4.3, 5.1, 5.2
03/12/2024 15h-16h30	TP5	TD : IP + Routage	
05/12/2024 15h-16h30	CM6	Routage + (un peu plus de lien)	Kurose 5.1, 5.2, 5.4 (6)
10/12/2024 15h-16h30	TP6	TD : IP + Routage	
12/12/2024 15h-16h30	CM7	Conclusion : Les défis d'internet	Divers sections du Kurose
18/12/2024 9h-11h(40)	Ex.	<u>Examen Final</u>	Tout ce qu'il y a au dessus

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

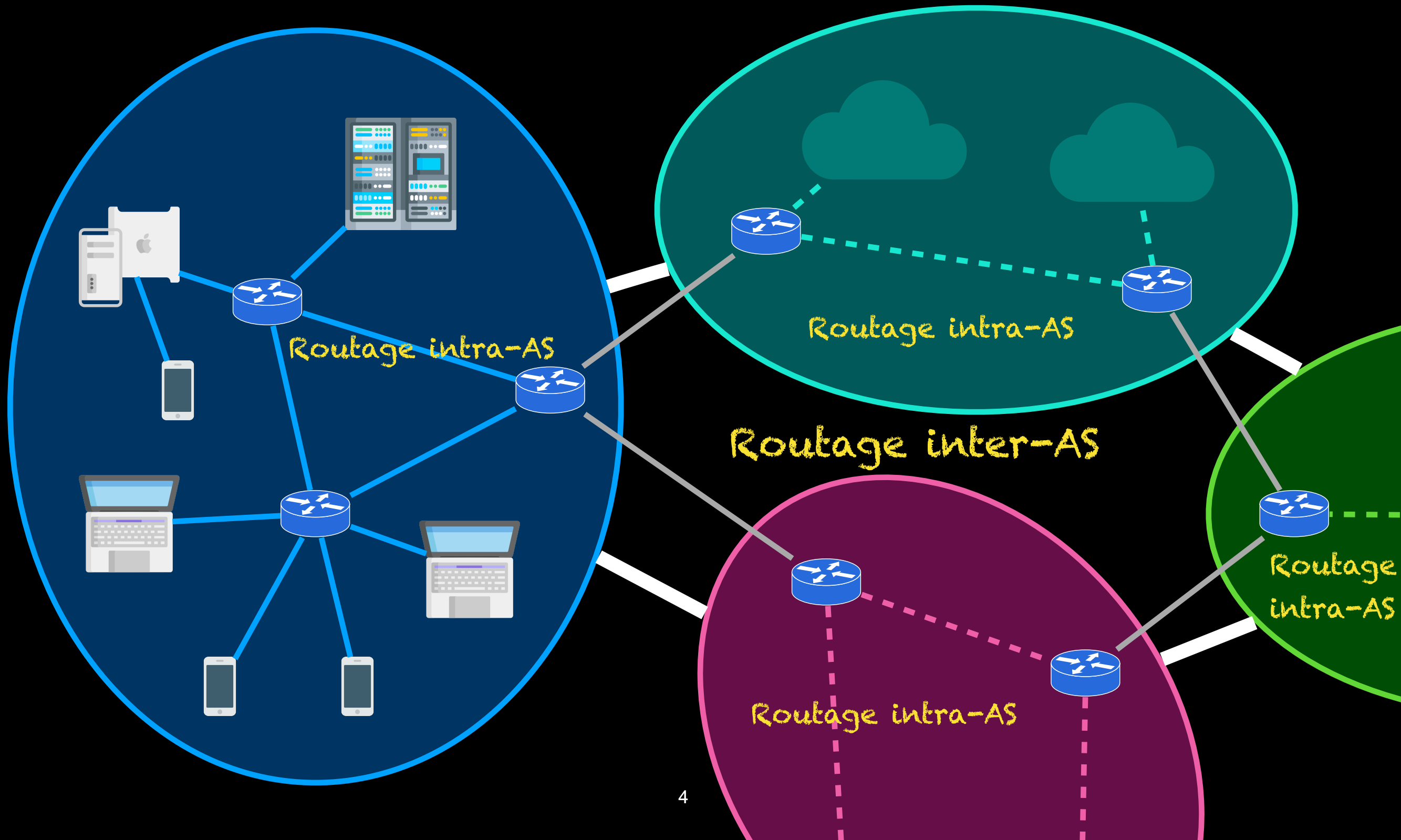
- C'est pour qui ce message

- 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

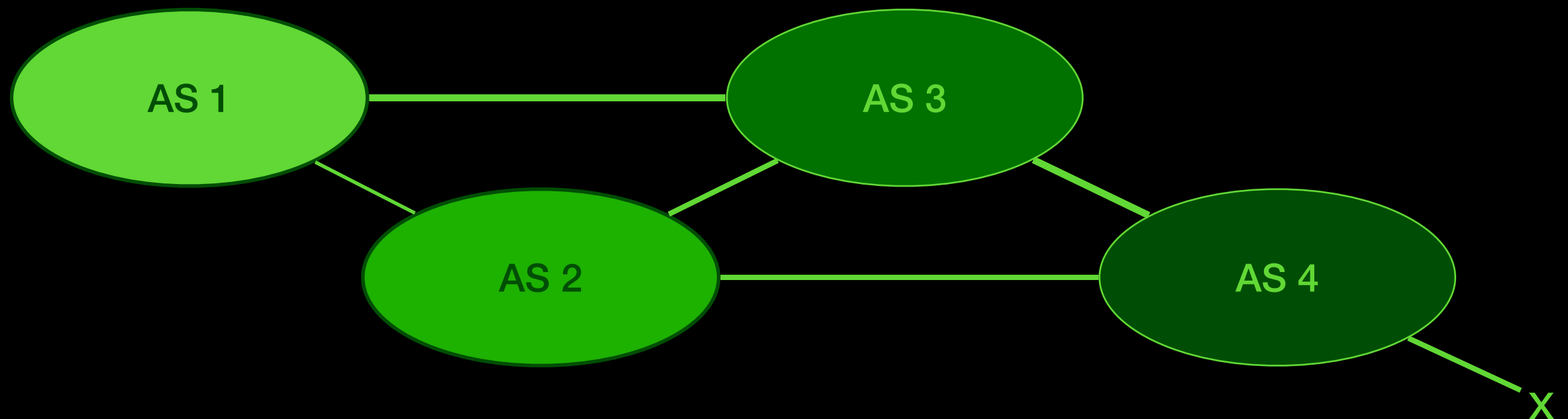
Le protocole BGP (simplifié)

- Chaque AS annonce à ses voisins des routes :
Destination + liste de AS traversées (AS-Path)
- Les AS en déduisent 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)

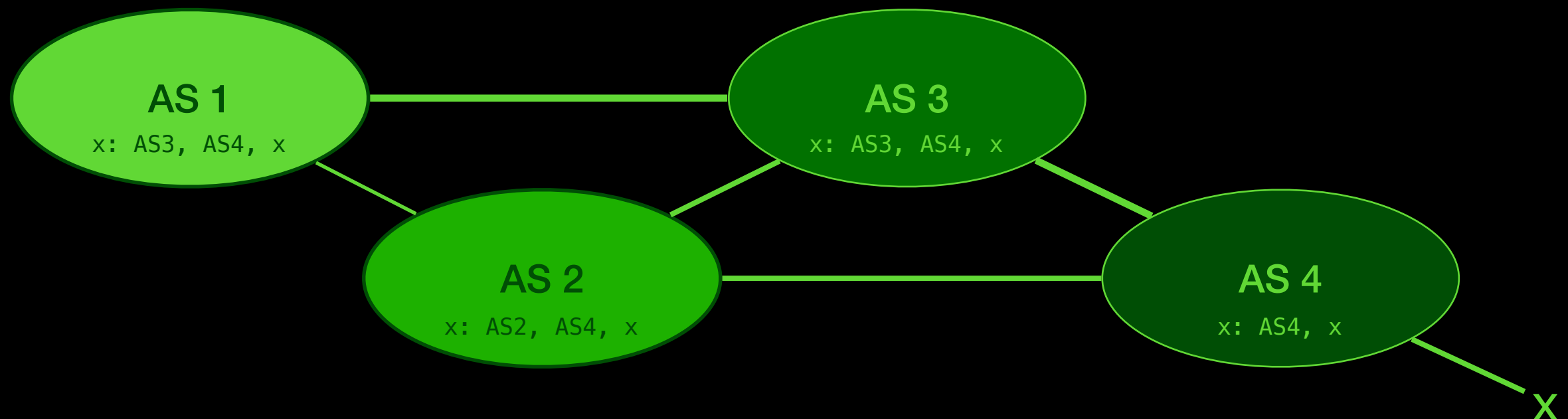
- Chaque AS annonce à ses voisins des routes : Destination + liste de AS traversées (AS-Path)
- Les AS en déduisent leur routes (comme Bellman-Ford) et rediffusent ces routes
- L'AS-Path permet d'éviter les boucles et count-to-infinity



Routage inter-AS

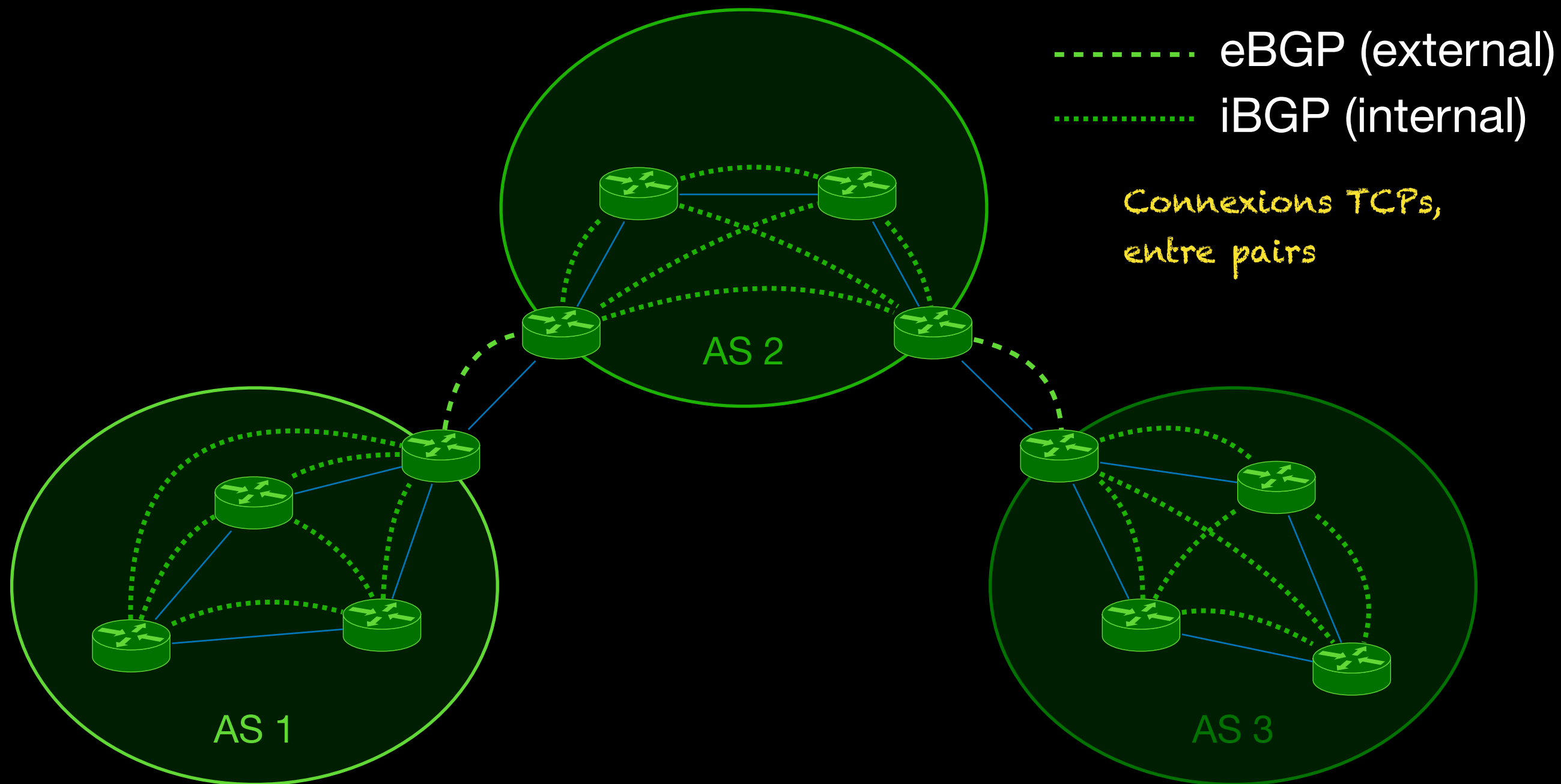
Le protocole BGP (simplifié)

- 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

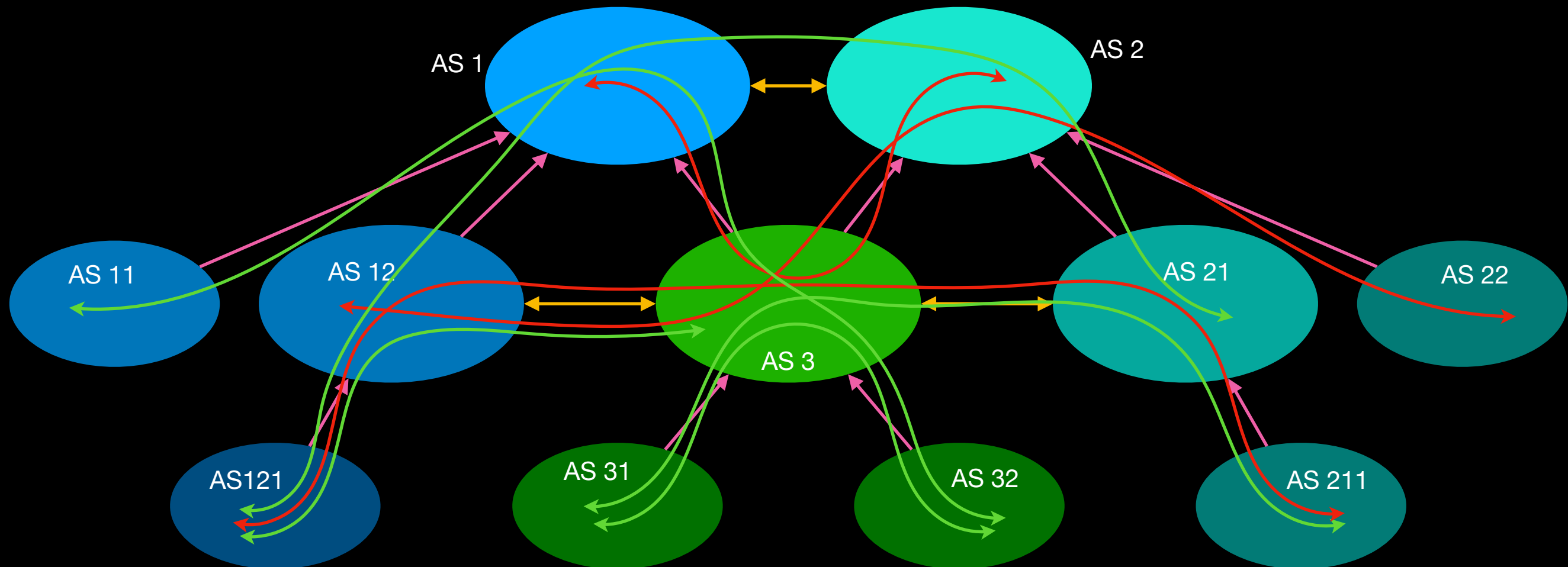
BGP est implémenté sur des routeurs !



Transit et Peering

Les logiques commerciales

Valley-free routing

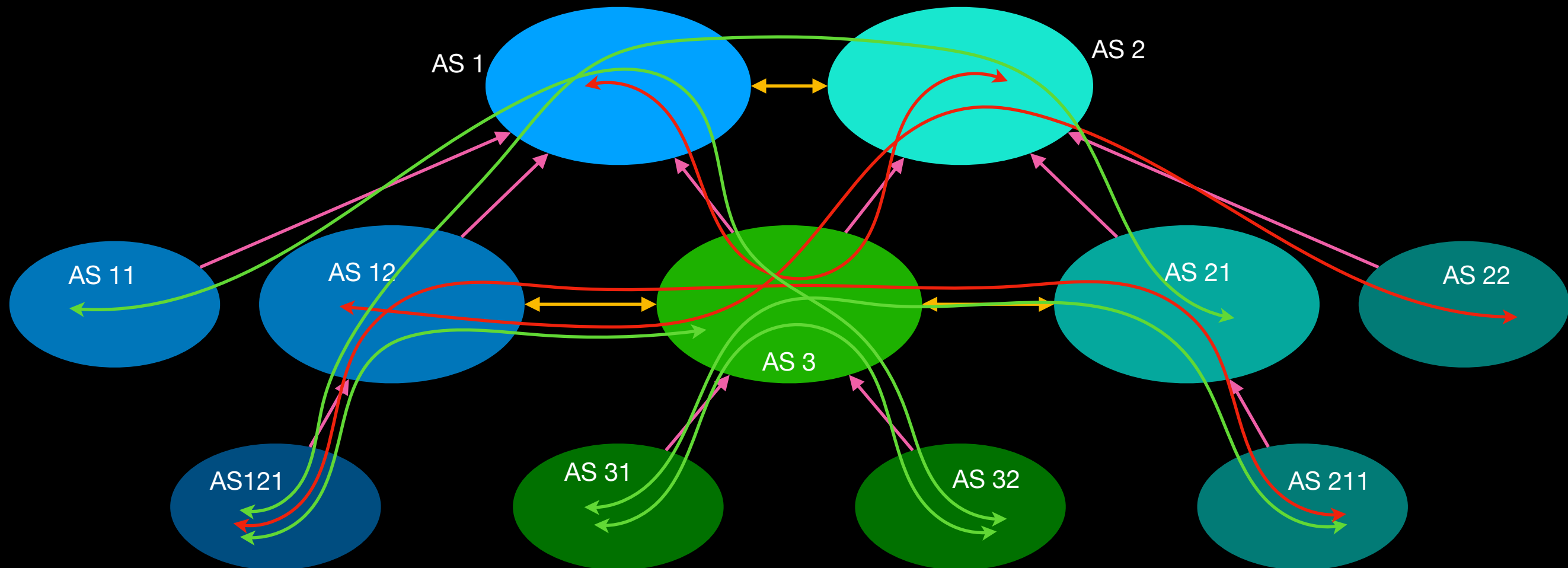


On filtre les routes que l'on annonce

Transit et Peering

Les logiques commerciales

Valley-free routing



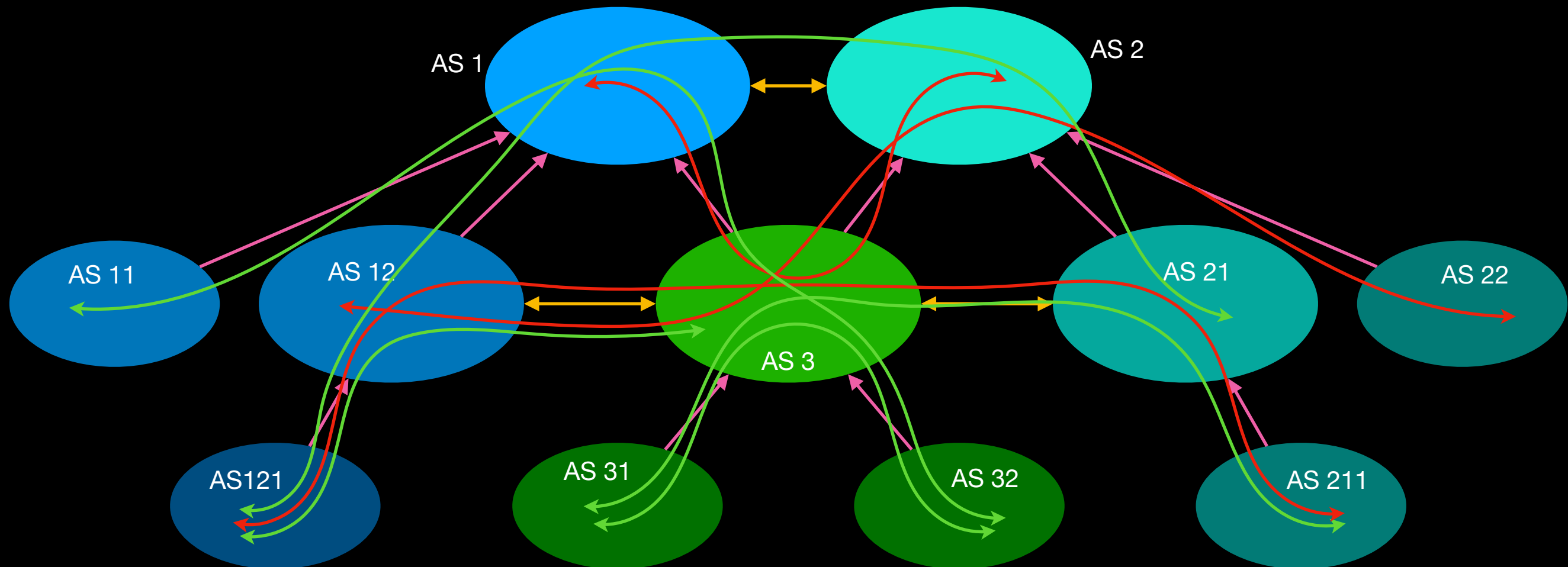
On filtre les routes que l'on annonce

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

Transit et Peering

Les logiques commerciales

Valley-free routing



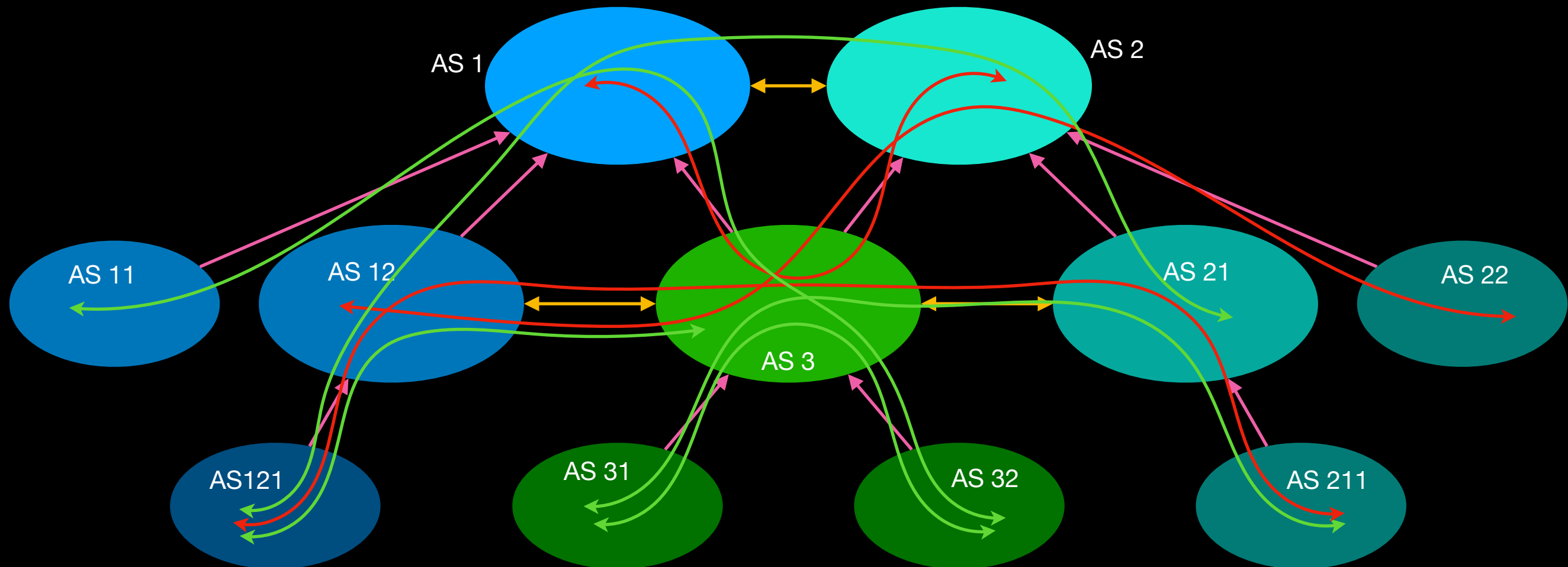
On filtre les routes que l'on annonce

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

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

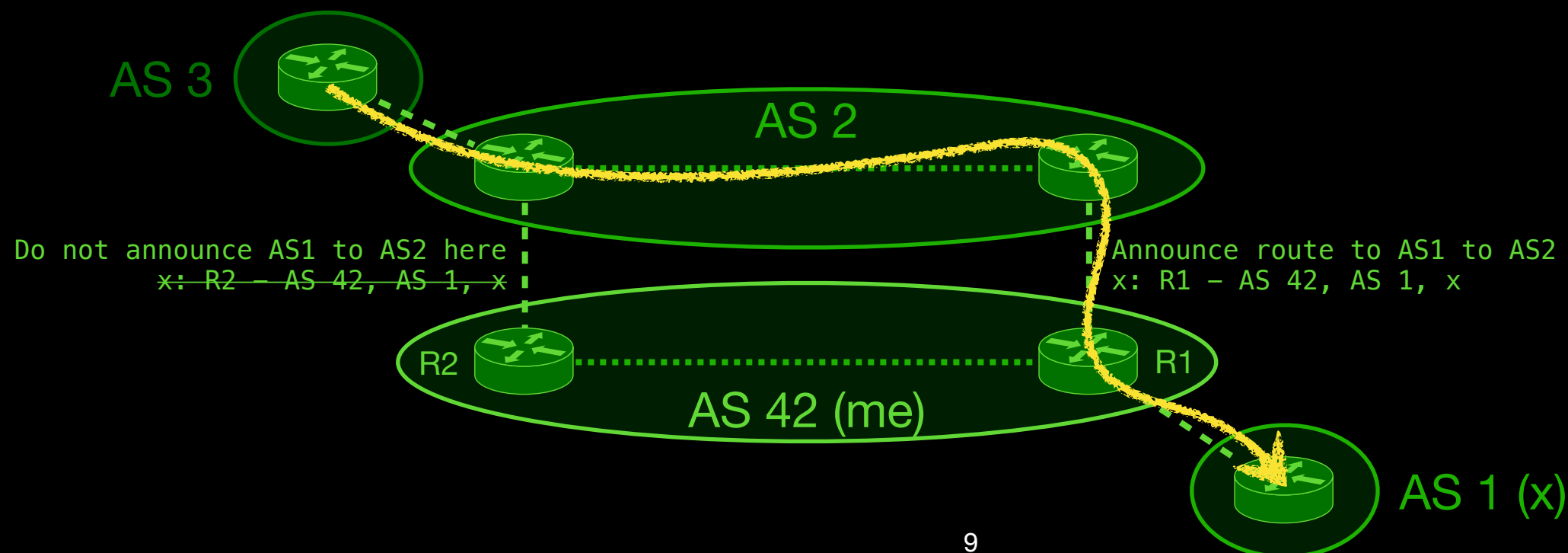
D'autres choix

AS douteuse, ingénierie du trafic

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

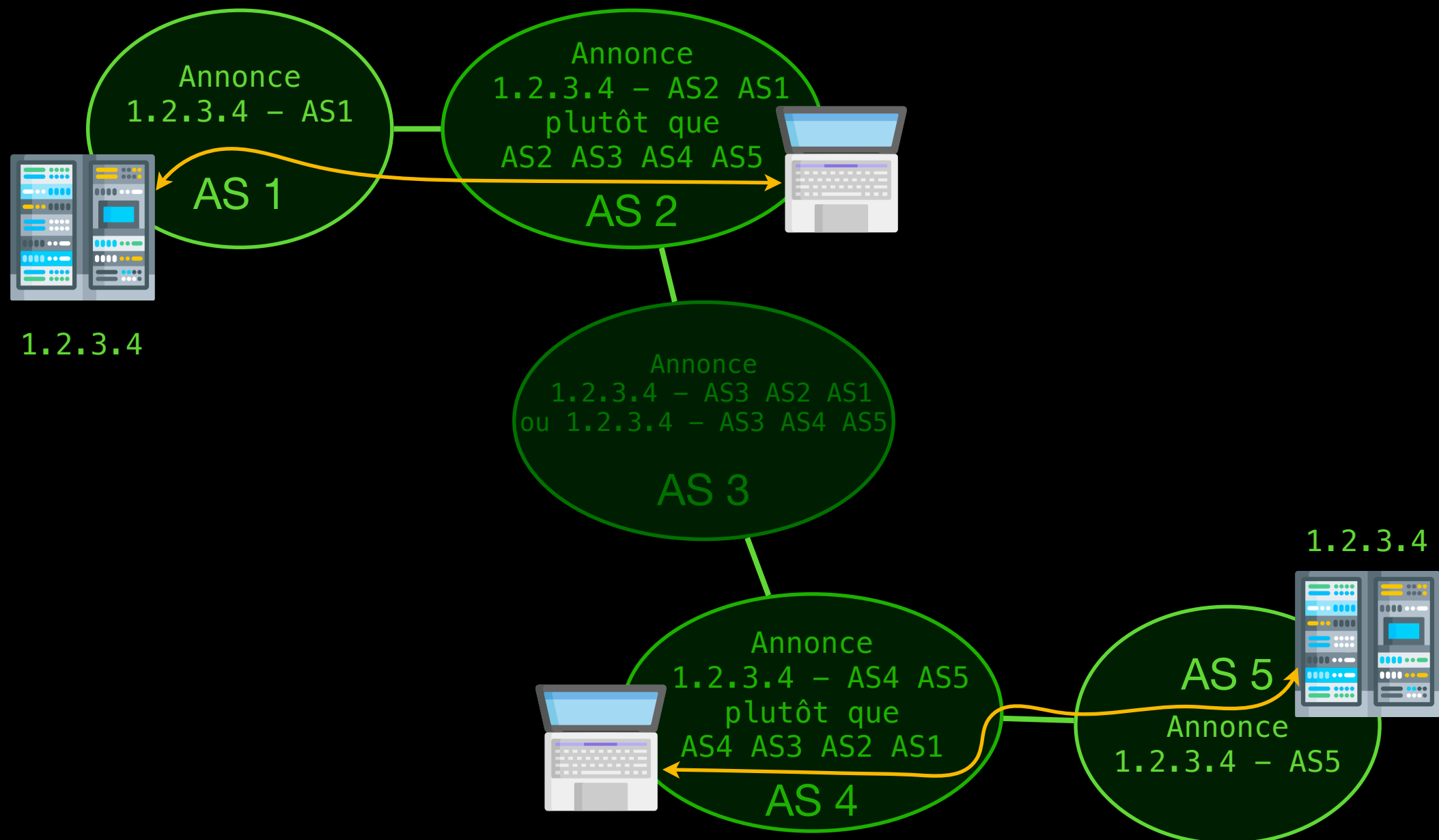
On élimine les chemins avec l'AS Louche

- 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.

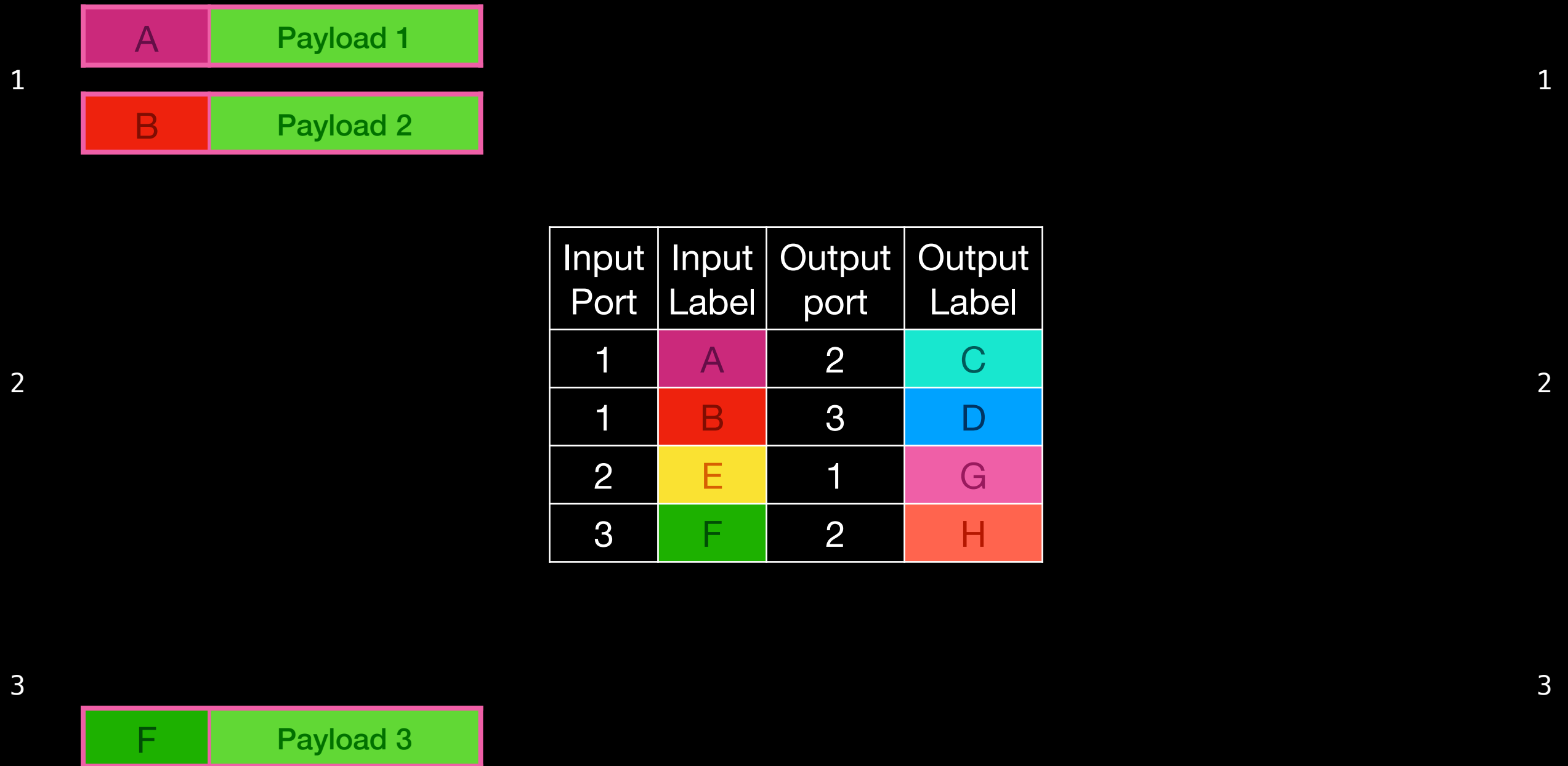
D'autres approche de transmission (1)

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 approche de transmission (1)

MPLS Multi Purpose Label Switching



D'autres approche de transmission (1)

MPLS Multi Purpose Label Switching

1



1

2

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

2

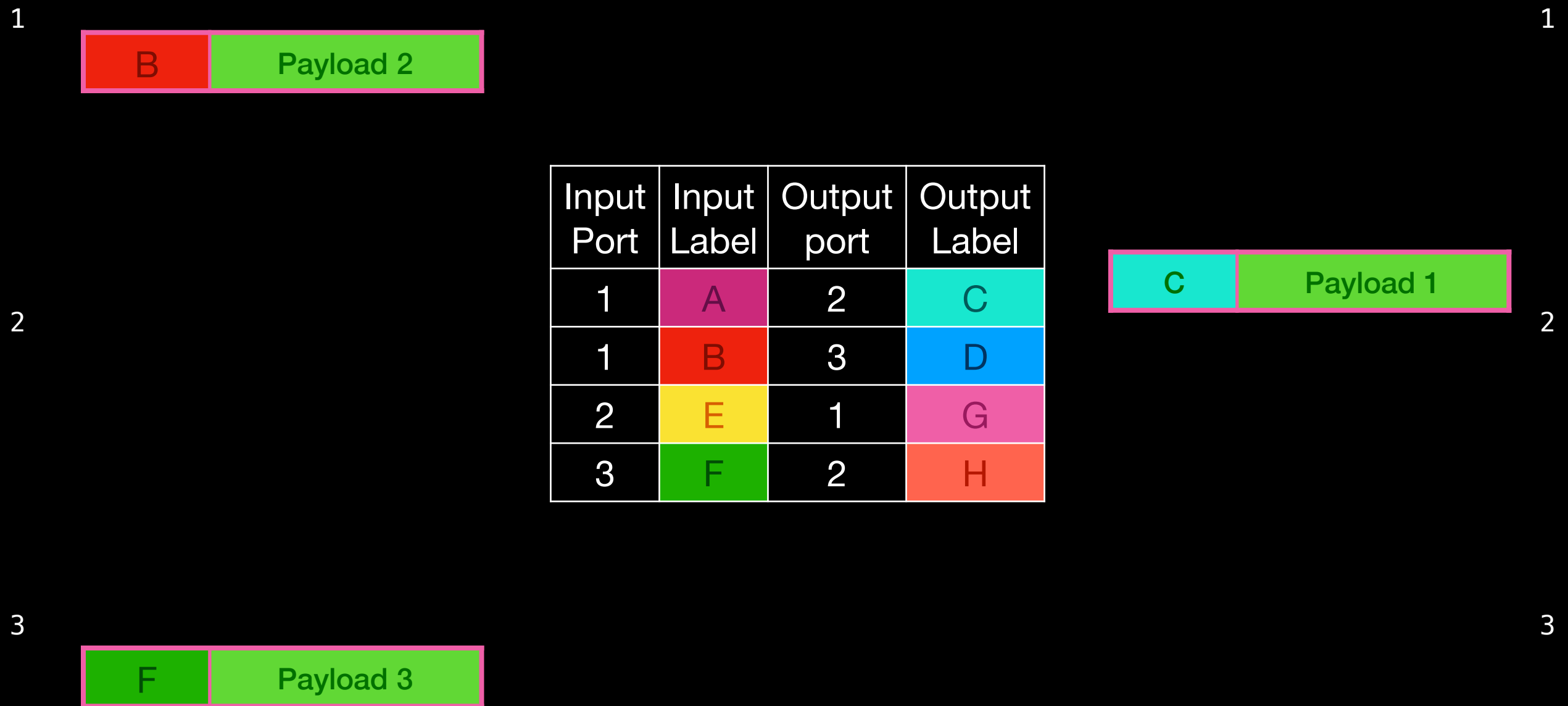
3



3

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

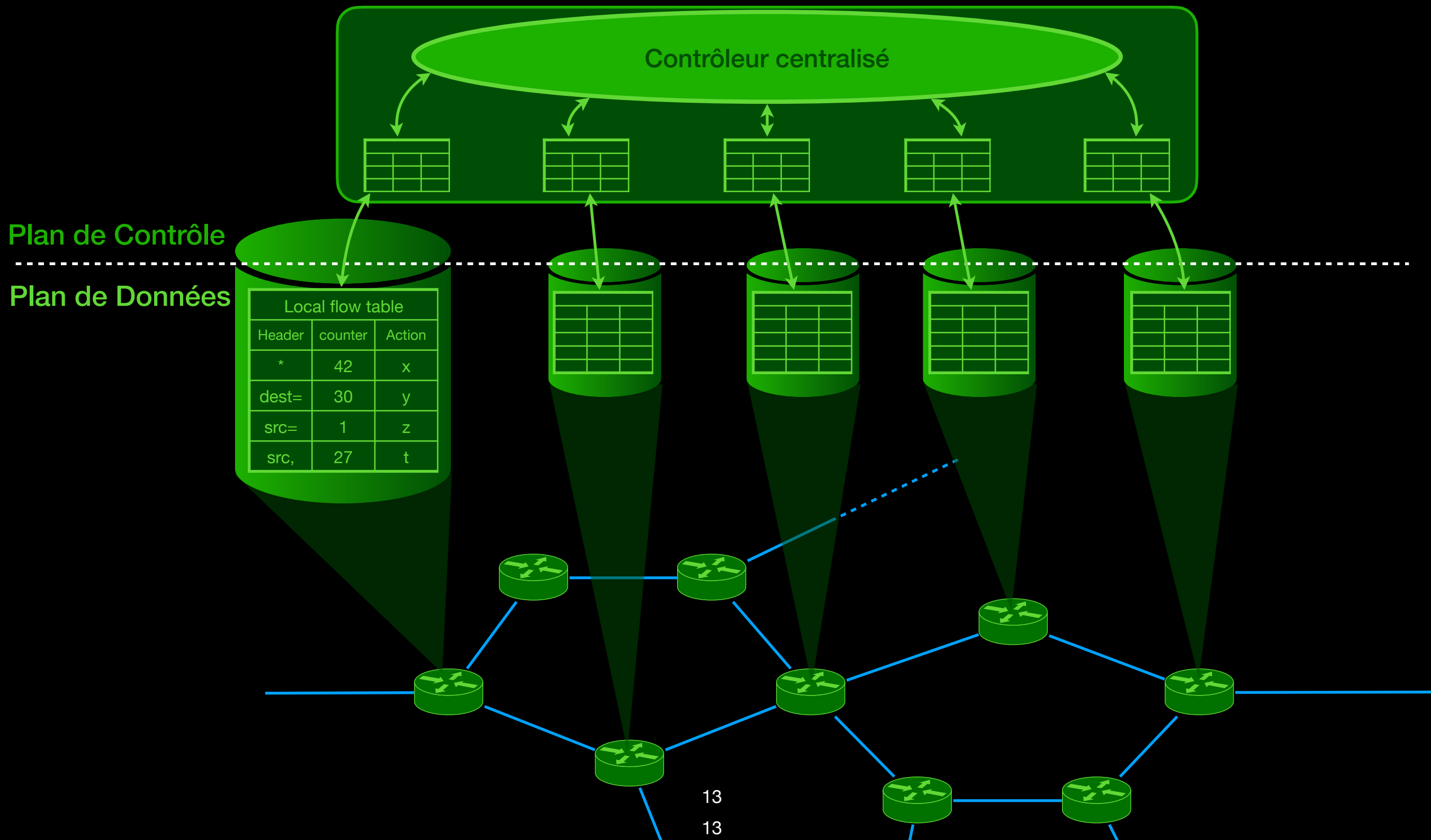
3

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

Status of this Memo

This memo describes an experimental method for the encapsulation of IP datagrams in avian carriers. This specification is primarily useful in Metropolitan Area Networks. This is an experimental, not recommended standard. Distribution of this memo is unlimited.

Overview and Rational

Avian carriers can provide high delay, low throughput, and low altitude service. The connection topology is limited to a single point-to-point path for each carrier, used with standard carriers, but many carriers can be used without significant interference with each other, outside of early spring. This is because of the 3D ether space available to the carriers, in contrast to the 1D ether used by IEEE802.3. The carriers have an intrinsic collision avoidance system, which increases availability. Unlike some network technologies, such as packet radio, communication is not limited to line-of-sight distance. Connection oriented service is available in some cities, usually based upon a central hub topology.

Frame Format

The IP datagram is printed, on a small scroll of paper, in hexadecimal, with each octet separated by whitestuff and blackstuff. The scroll of paper is wrapped around one leg of the avian carrier. A band of duct tape is used to secure the datagram's edges. The bandwidth is limited to the leg length. The MTU is variable, and paradoxically, generally increases with increased carrier age. A typical MTU is 256 milligrams. Some datagram padding may be needed.

Upon receipt, the duct tape is removed and the paper copy of the datagram is optically scanned into an electronically transmittable form.

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

Status 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

Overview Status of this Memo

This memo defines an Experimental Protocol for the Internet community. It does not specify an Internet standard of any kind. Discussion and suggestions for improvement are requested. Distribution of this memo is unlimited.

Copyright Notice

Copyright (C) The Internet Society (1999). All Rights Reserved.

Abstract

From This memo amends RFC 1149, "A Standard for the Transmission of IP Datagrams on Avian Carriers", with Quality of Service information. This is an experimental, not recommended standard.

Overview and Rational

The following quality of service levels are available: Concorde, First, Business, and Coach. Concorde class offers expedited data delivery. One major benefit to using Avian Carriers is that this is the only networking technology that earns frequent flyer miles, plus the Concorde and First classes of service earn 50% bonus miles per packet. Ostriches are an alternate carrier that have much greater bulk transfer capability but provide slower delivery, and require the use of bridges between domains.

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

Sta 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

Ove Sta Independent Submission
Request for Comments: 6214
Category: Informational
ISSN: 2070-1721
B. Carpenter
Univ. of Auckland
R. Hinden
Check Point Software
1 April 2011

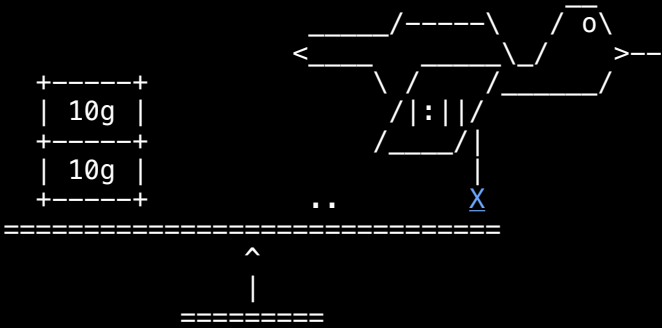
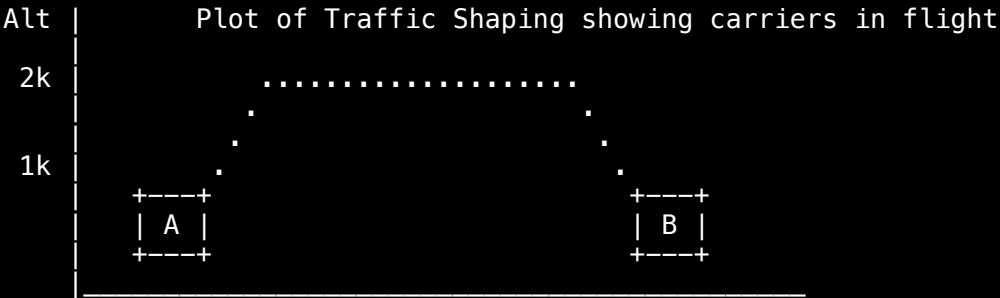
Adaptation of RFC 1149 for IPv6

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	2
3.	Detailed Specification	2
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



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

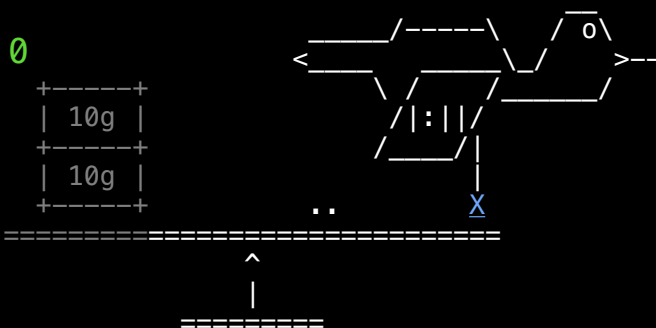
Independent Submission
Request for Comments: 6214
Category: Informational
ISSN: 2070-1721
Script started on Sat Apr 28 11:24:09 2001
\$ /sbin/ifconfig tun0
tun0 Link encap:Point-to-Point Protocol
inet addr:10.0.3.2 P-t-P:10.0.3.1 Mask:255.255.255.255
UP POINTOPOINT RUNNING NOARP MULTICAST MTU:150 Metric:1
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)
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.
\$ 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=4 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=1 ttl=255 time=6388671.9 ms

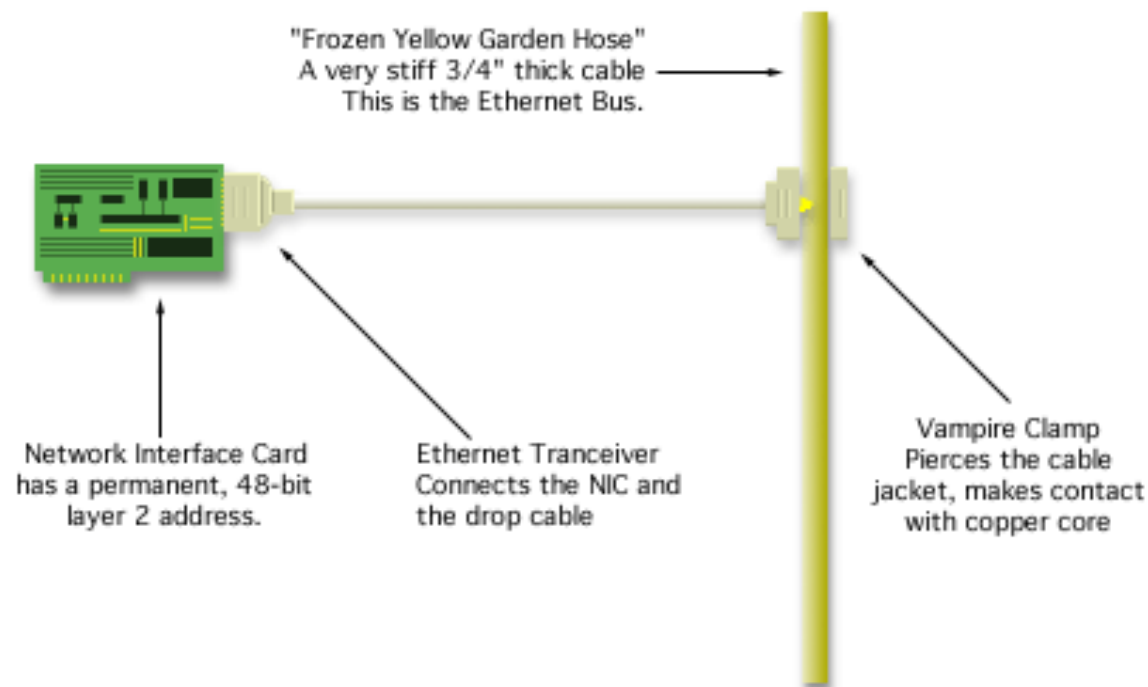
Table of Contents

1. Introduction	2
2. Normative Notation	3
3. Detailed Specification	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

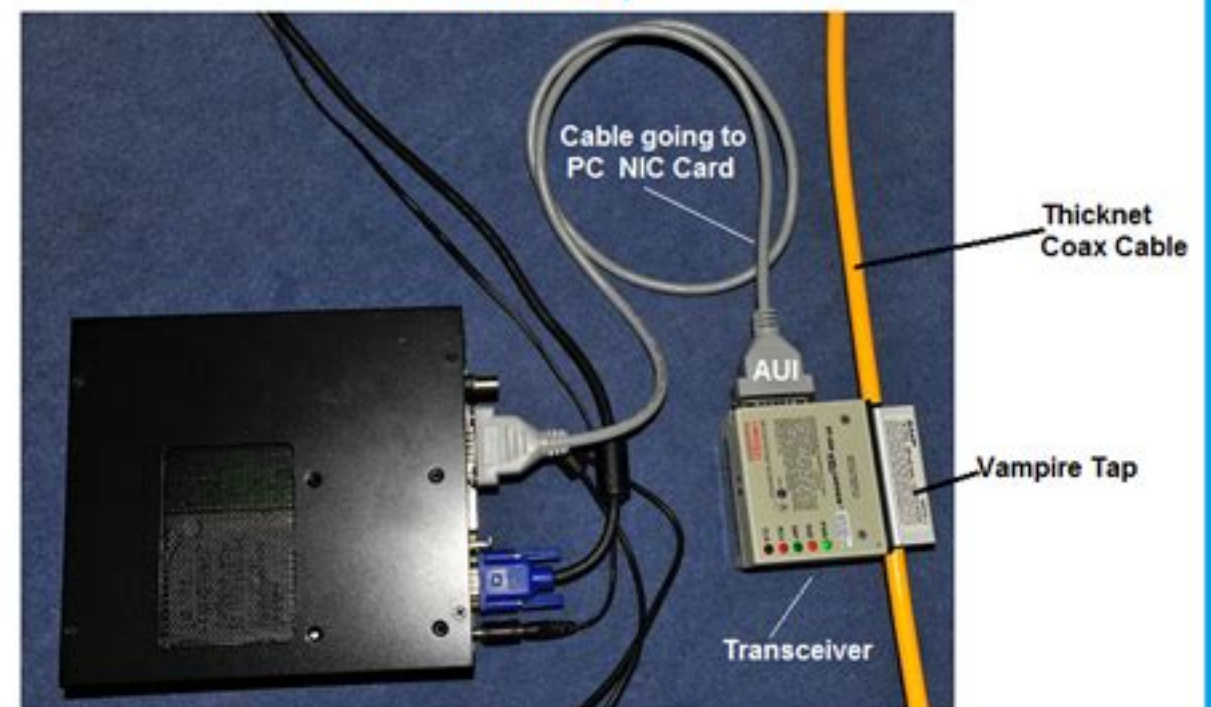


Ethernet - le matériel original

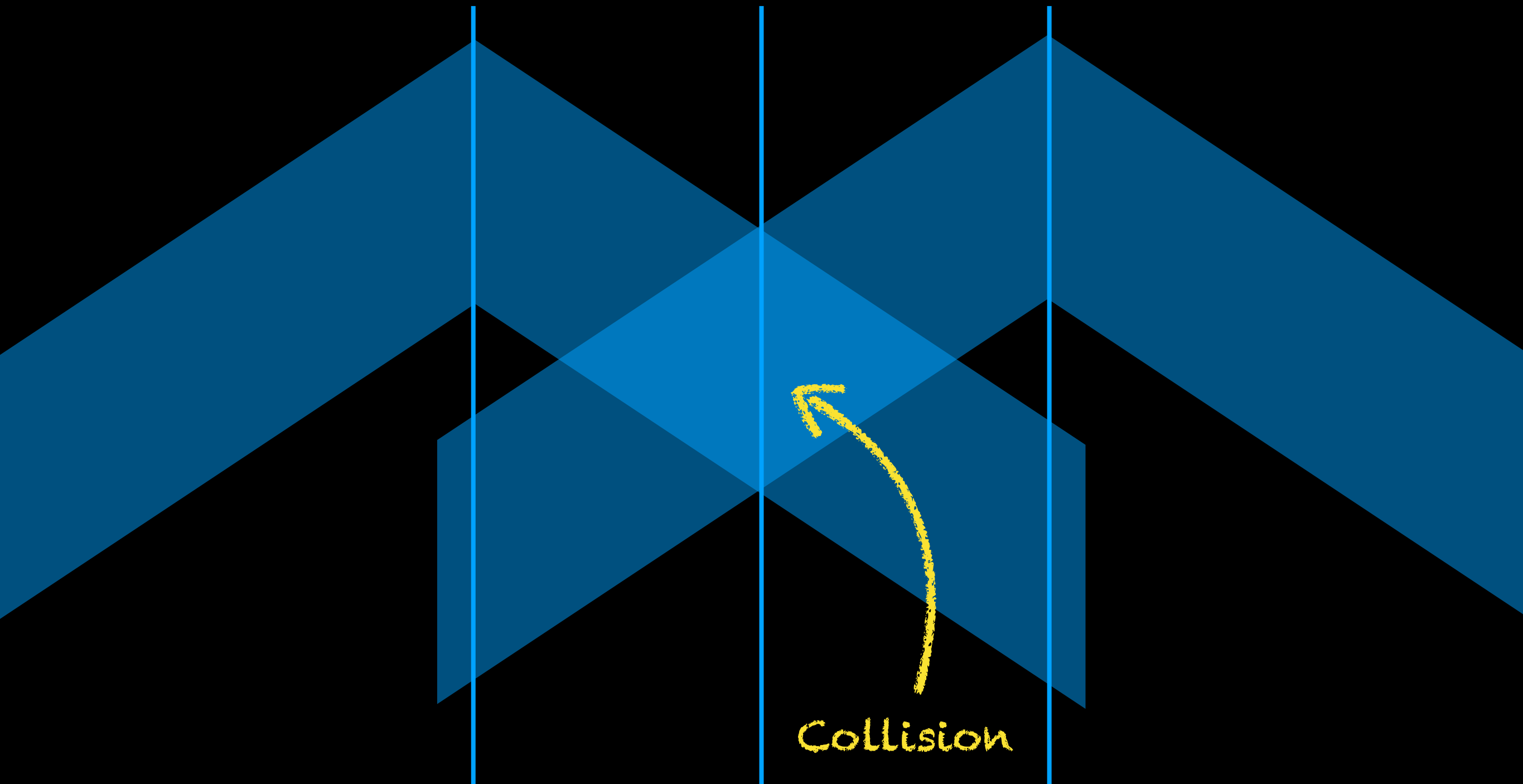
10Base5 Ethernet



10Base5 Connectivity



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

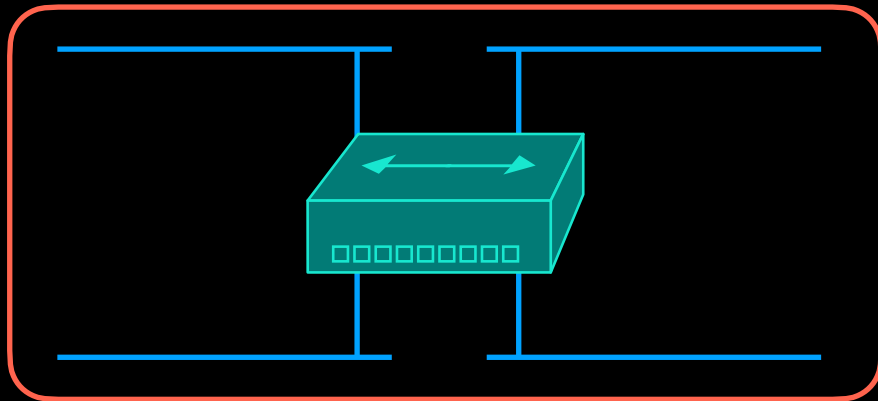
Identifiant MAC : 6 ou 10 octets (e.g. 01:23:45:67:89:ab)

Protocol ARP pour associer IP <-> MAC

Ethernet moderne

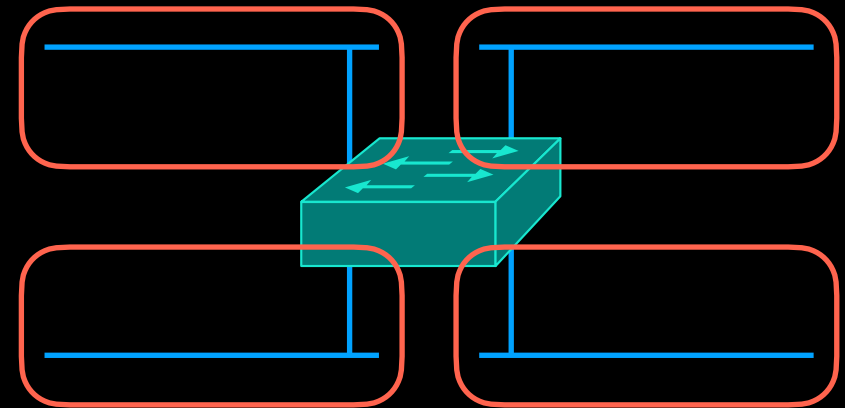
Des hubs et des switches (aka bridge)

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

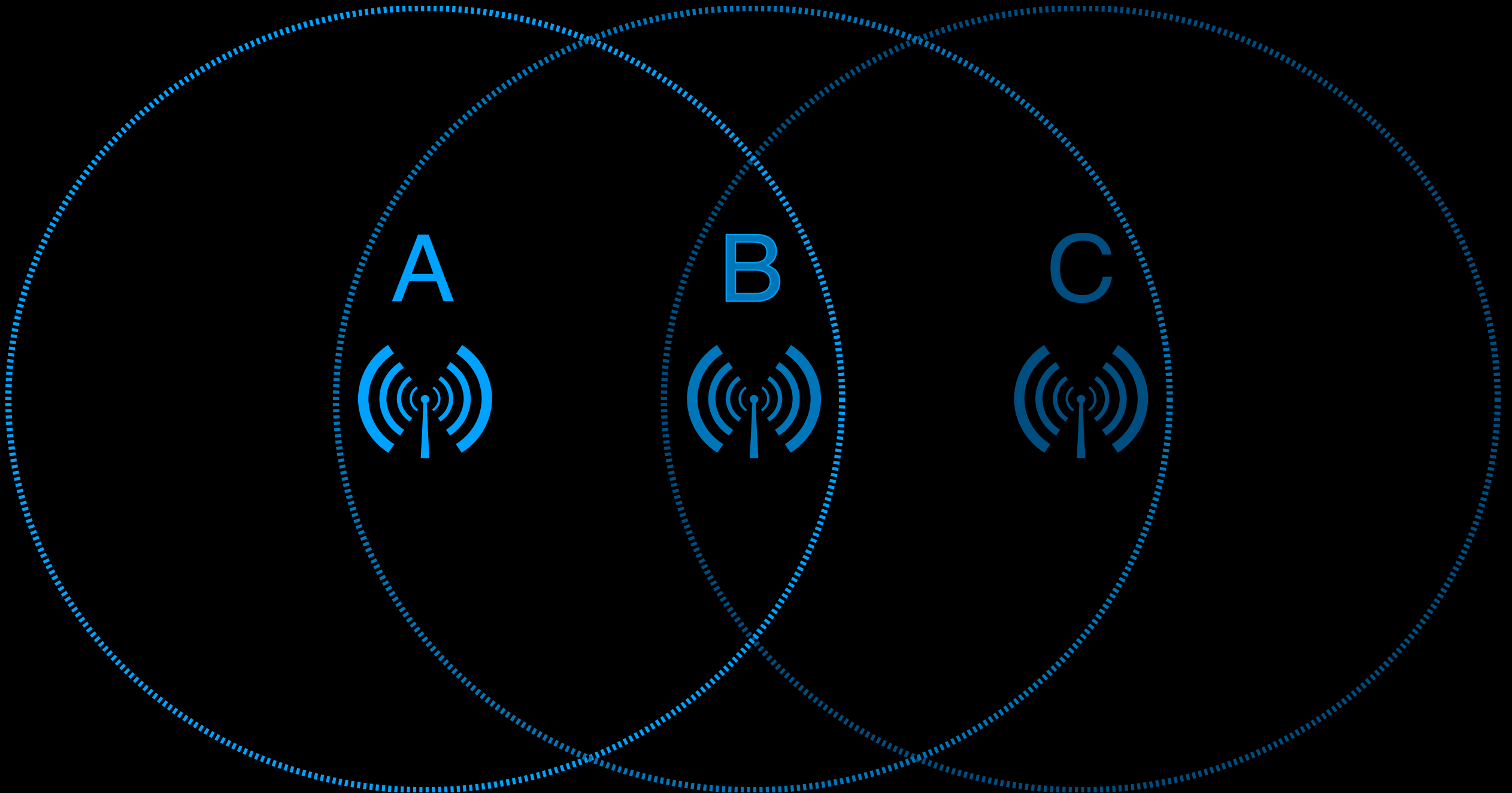
- Multiplexage en longueur d'onde en plus du temps
- Splitter optiques
- Protocoles (X)GPON, EPON, Ethernet, OTN (Optical Transport Network)
- Débits pouvant atteindre plusieurs 10^2 Gb/s
- Remplace même le cuivre dans des bâtiments

un medium 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