GRAND DUCHY OF LUXEMBOURG
Ministry of Foreign Affairs

Directorate for Development Cooperation

European Union Africa
Infrastructure Trust Fund

Introduction à l'Internet Protocol (IP) Version 4 et version 6

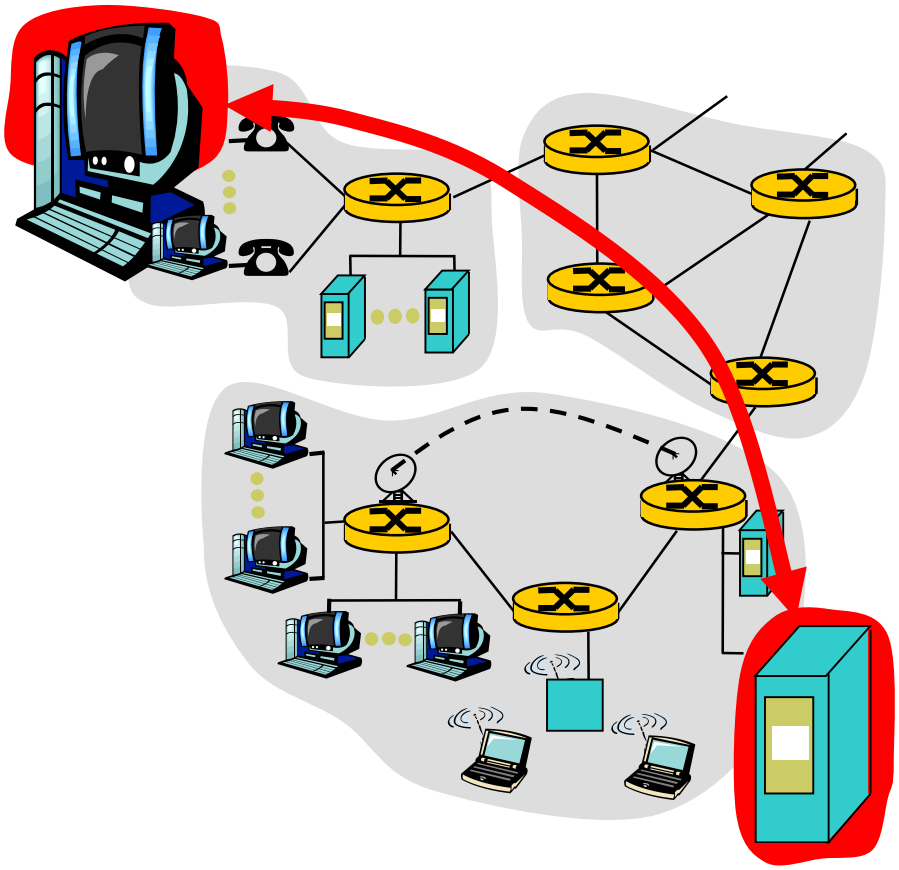
Modèle OSI & architecture TCP / IP

Principes de l'Internet

- Edge VS core (end-systems VS routeurs)
  - Réseau Dumb
  - Intelligence sur les end-systems
- Différents paradigmes de communication
  - Orienté connexion Vs sans connexion
  - Commutation de Packets vs circuits
- Système de couches
- Réseau de réseaux en collaboration

La périphérie du réseau (Edge)

- End-systems (hôtes):
  - Exécutent des programmes / application
  - e.g., WWW, email
  - au "bord du réseau"
- modèle client / serveur:
  - Machine client fait une demande, reçoit des services du serveur
  - par exemple, un client WWW (navigateur) / serveur, client email / serveur
- Modèle peer-peer :
  - interaction hôte symétrique
    par exemple: téléconférence



Périphérie du réseau: service orienté connexion

- Objectif: transfert de données entre end-systems.
- handshaking: initialisation (se préparer pour) le transfert de données à l'avance
  - Hello, hello back human protocol
  - configurer «l'État» sur les deux hôtes communicant
- TCP - Transmission Control Protocol
  - service orienté connexion de l'Internet

Service TCP [RFC 793]

fiable, transfert de données dans l'ordre

perte: accusés de réception et retransmissions

contrôle de flux:

l'expéditeur ne submergera le récepteur

contrôle de congestion:

expéditeurs «ralentissent le taux d'envoi" lorsque le réseau est congestionné

Périphérie du réseau: service sans connexion

- Objectif: transfert de données entre les end-systems

- UDP - User Datagram Protocol [RFC 768]: service sans connexion de l'Internet
  - transfert de données non- fiable
  - pas de contrôle de flux
  - pas de contrôle de congestion

Couches de Protocole : "Layers"

- Les réseaux sont complexes!
- de nombreuses «pièces»:
  - hôtes
  - routeurs
  - Liens de différents médias
  - applications
  - protocoles
  - matériel, logiciels

Question:

Peut-on espérer d'organiser la structure du réseau?

Ou, du moins, dans notre discussion sur les réseaux?

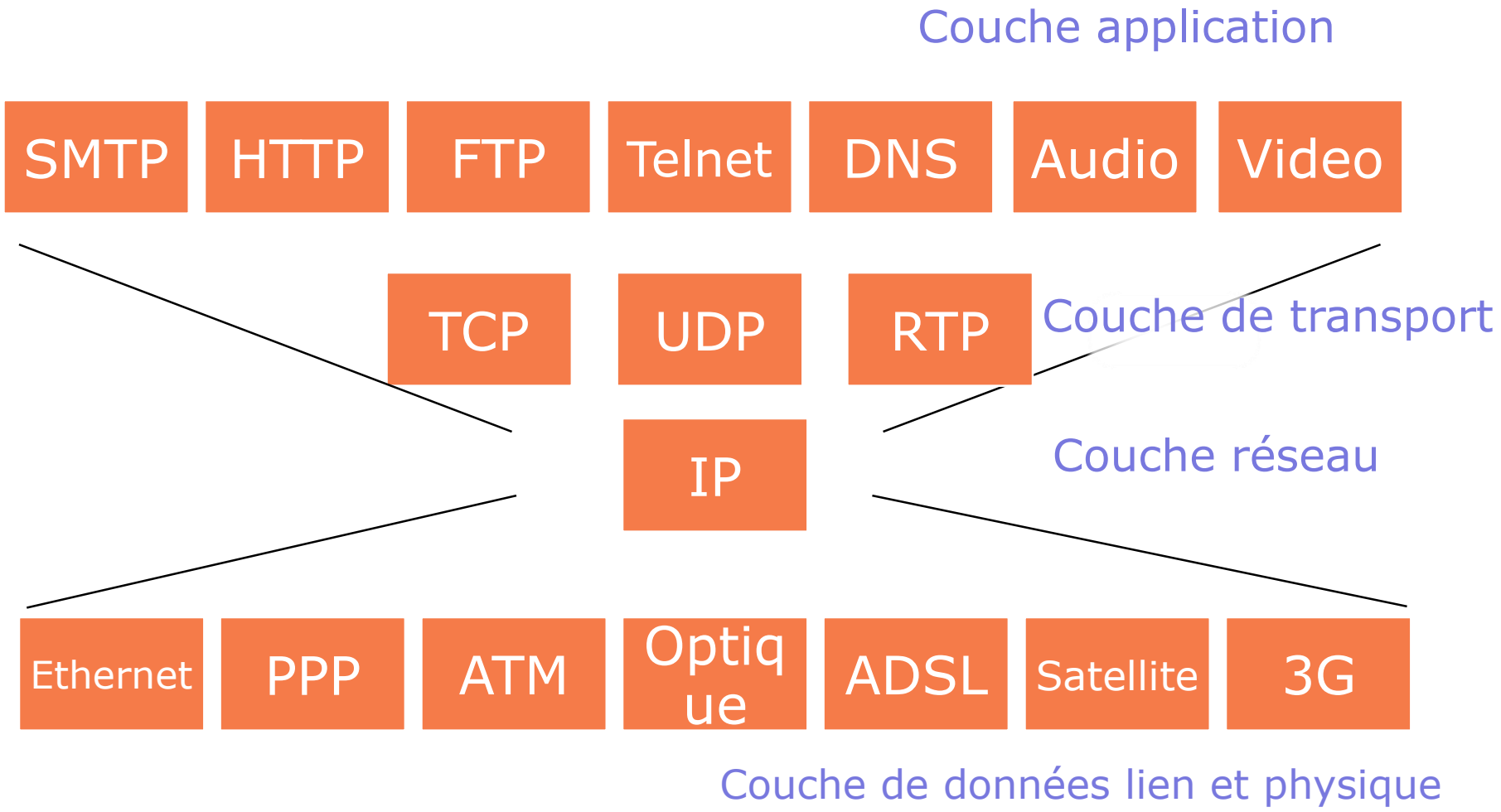
L'effet unificateur de la couche réseau

- Définir un protocole qui fonctionne de la même manière avec n'importe quel réseau sous-jacent
- Appelez ça de la couche (par exemple IP)
- Les Routeurs IP fonctionnent au niveau de la couche réseau
- IP sur quoi que ce soit
- quoi que ce soit sur IP

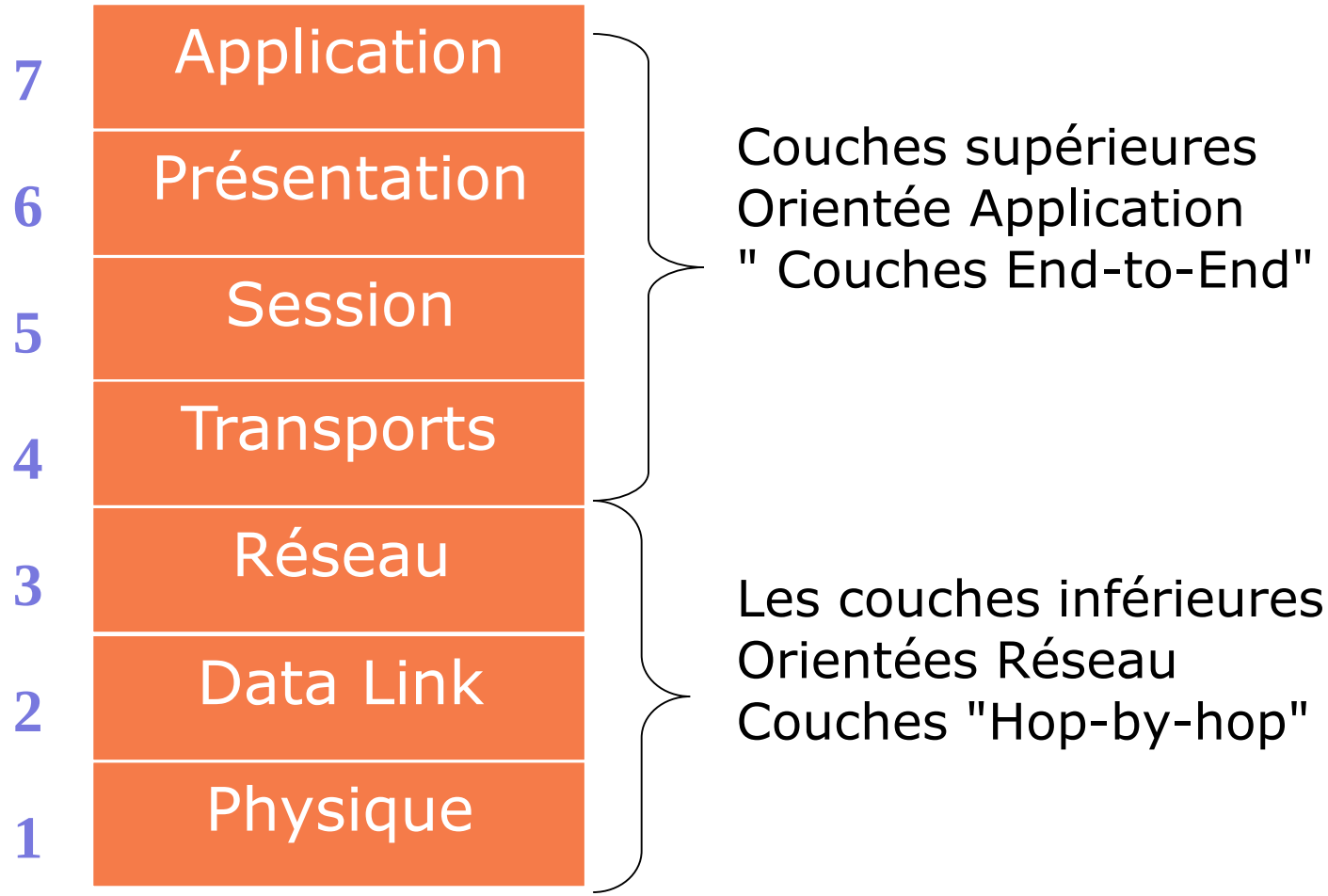
Pourquoi faire la superposition?

- Traiter avec des systèmes complexes:
- une structure explicite permet l'identification, la relation des pièces de système complexe
  - modèle de référence en couche pour la discussion
- La modularité facilite la maintenance, la mise à jour du système
  - changement d'implémentation d'une couche transparente pour le reste du système
  - par exemple, le changement de la procédure portail / gate procedure / n'affecte pas le reste du système

Le modèle Hourglass IP



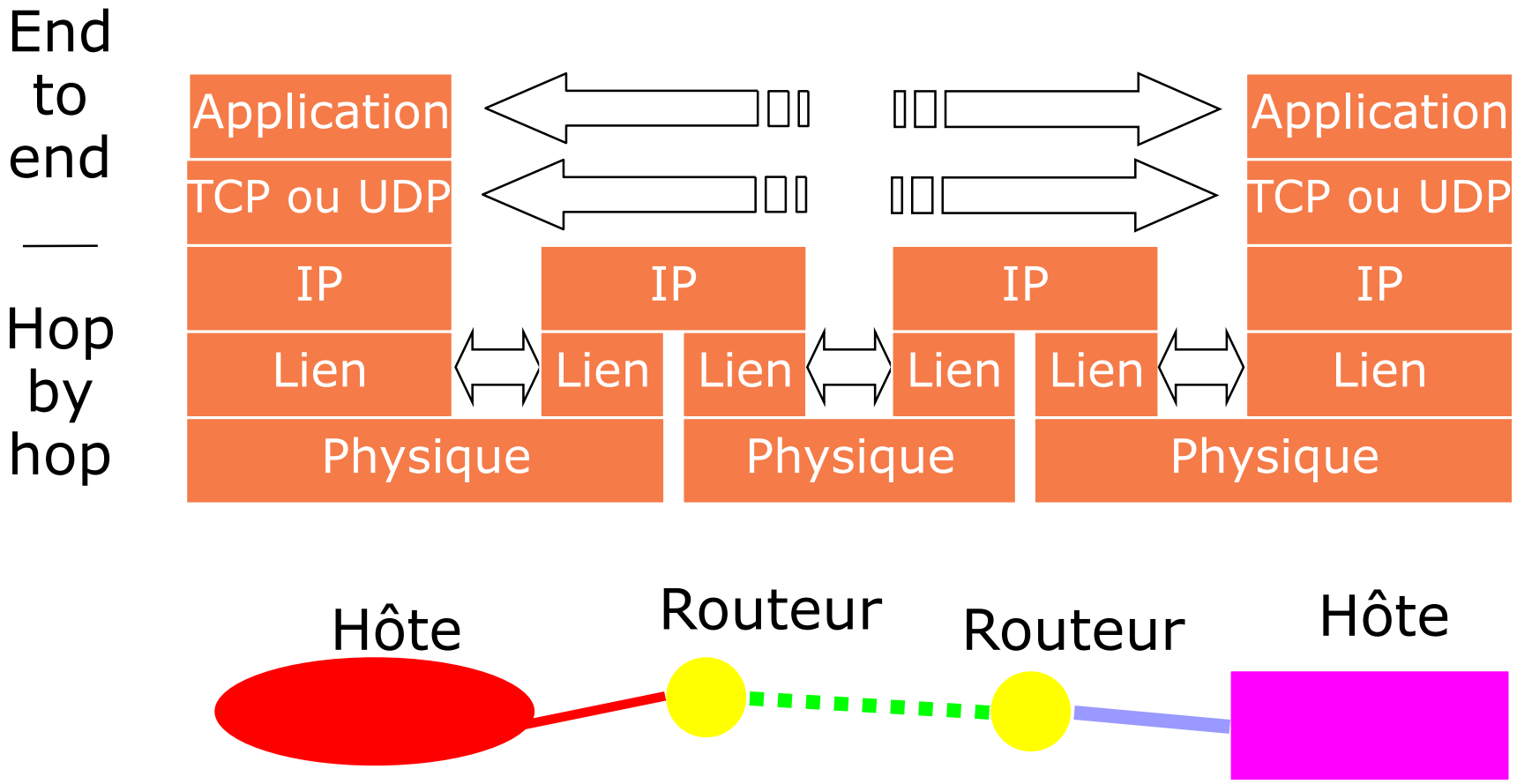
Le modèle OSI



Modèle OSI et l'Internet

- Les Protocoles de l'Internet ne sont pas directement basée sur le modèle OSI
- Cependant, nous avons souvent utilisé le système de numérotation OSI. Vous devriez au moins vous rappeler du suivant:
  - Couche 7: Application
  - Couche 4: Transport (par exemple TCP, UDP)
  - Couche 3: Réseau (IP)
  - Couche 2: Liaison
  - Couche 1: Physique

Interaction Couche: TCP / modèle IP



Couches Bout a bout

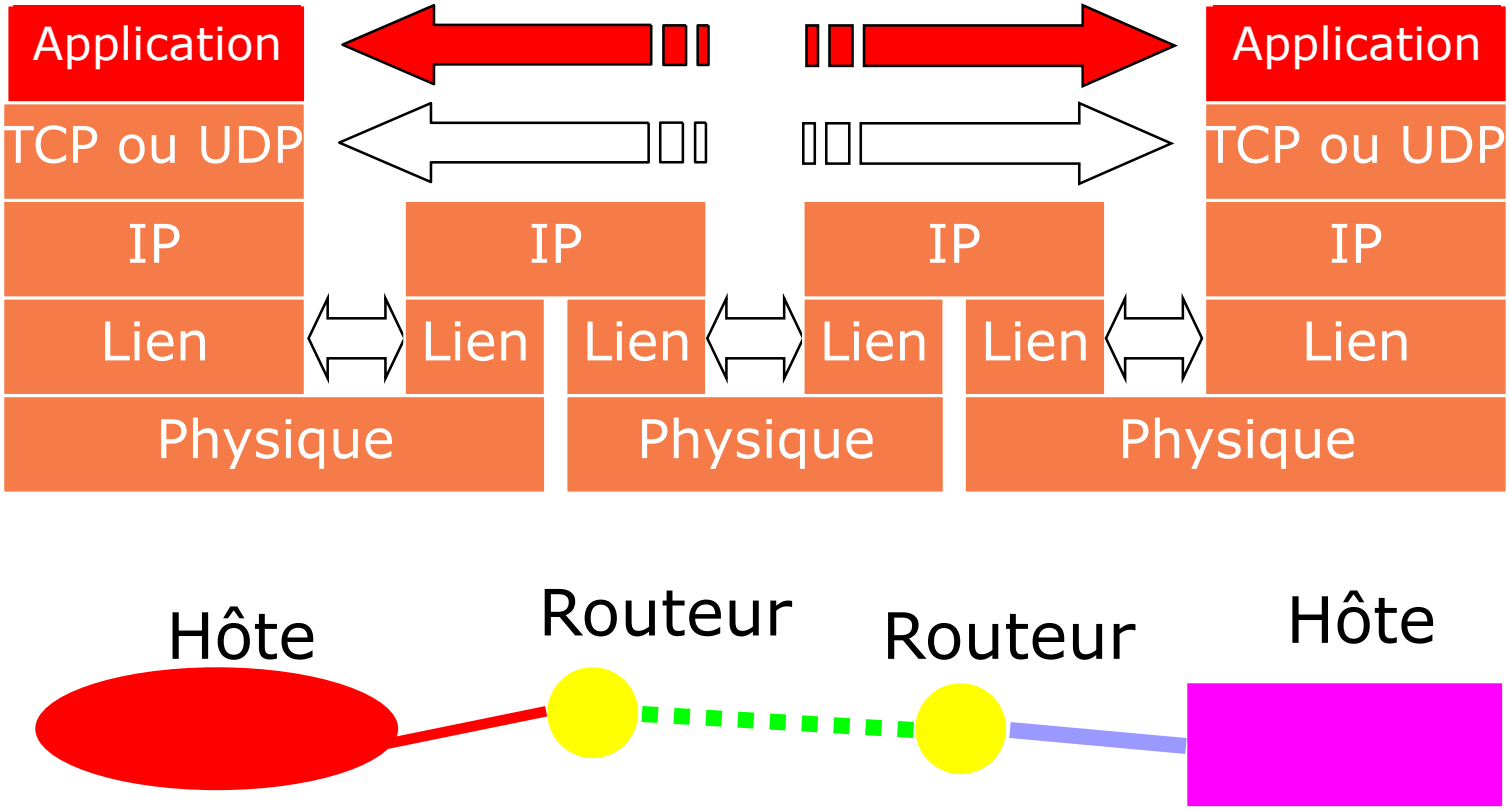
- Les couches supérieures sont «end-to-end"
- Les applications aux deux extrémités se comportent comme si elles peuvent parler directement entre elles
- Elles n'ont pas à se préoccuper des détails de ce qui se passe en dessous.

Couches Hop-by-hop

- Au niveau des couches inférieures, les dispositifs partagent l'accès au même support physique
- Les dispositifs communiquent directement les uns avec les autres

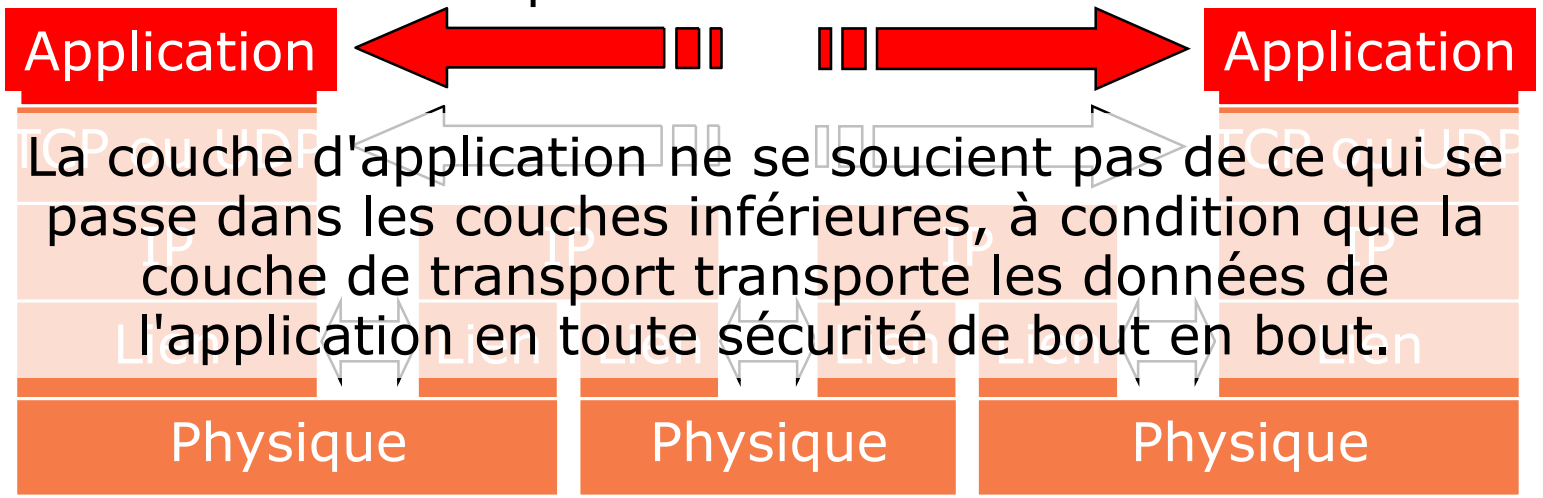
- La couche réseau (IP) a une certaine connaissance de la façon dont de nombreux petits réseaux sont reliés entre eux pour faire un grand Internet
- L'information circule un hop (saut) à la fois, se rapprochant ainsi de la destination à chaque hop

Interaction Couche: TCP / modèle IP

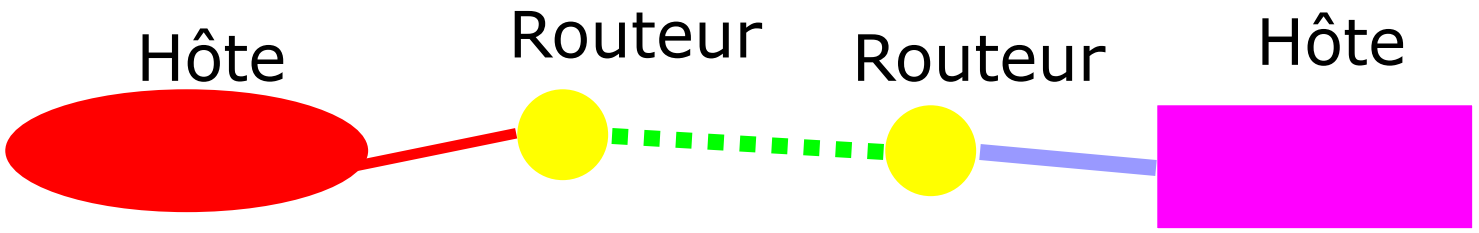


Interaction couche: La couche application

Les applications se comportent comme si elles peuvent parler les unes aux autres, mais en réalité l'application de chaque côté parle au service TCP ou UDP qui se trouve au-dessous.

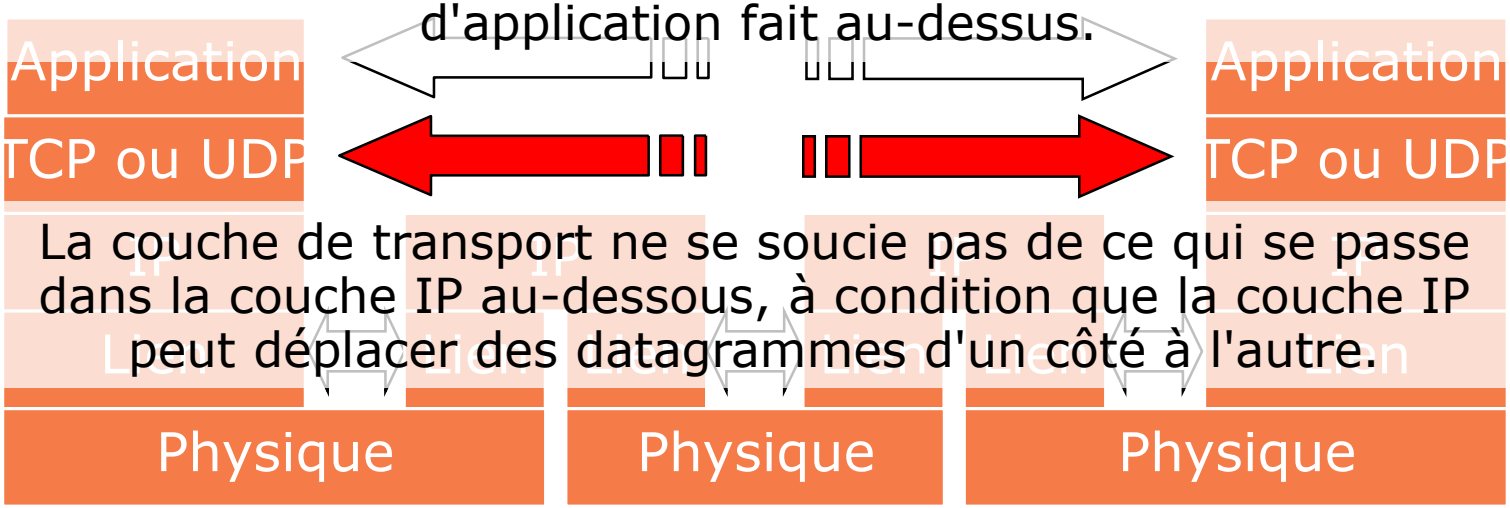


La couche d'application ne se soucient pas de ce qui se passe dans les couches inférieures, à condition que la couche de transport transporte les données de l'application en toute sécurité de bout en bout.

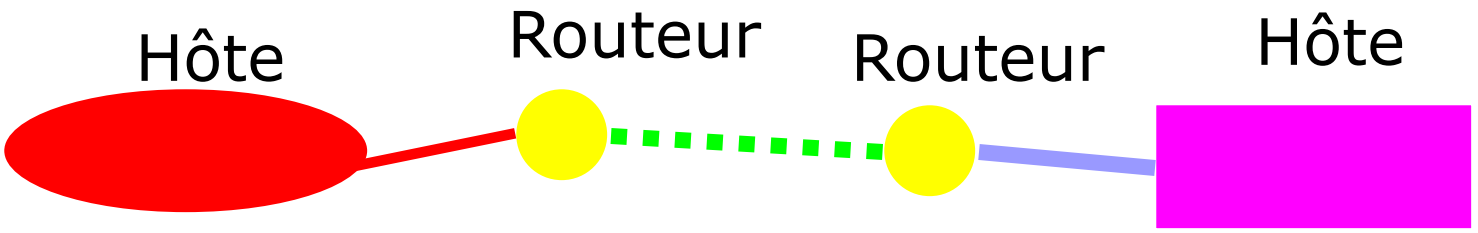


Interaction entre couche: La couche transport

Les instances de la couche de transport aux deux extrémités agissent comme si elles parlent les unes aux autres, mais en réalité, elles parlent à la couche IP qui est au-dessous. La couche de transport ne se soucie pas de ce que la couche d'application fait au-dessus.

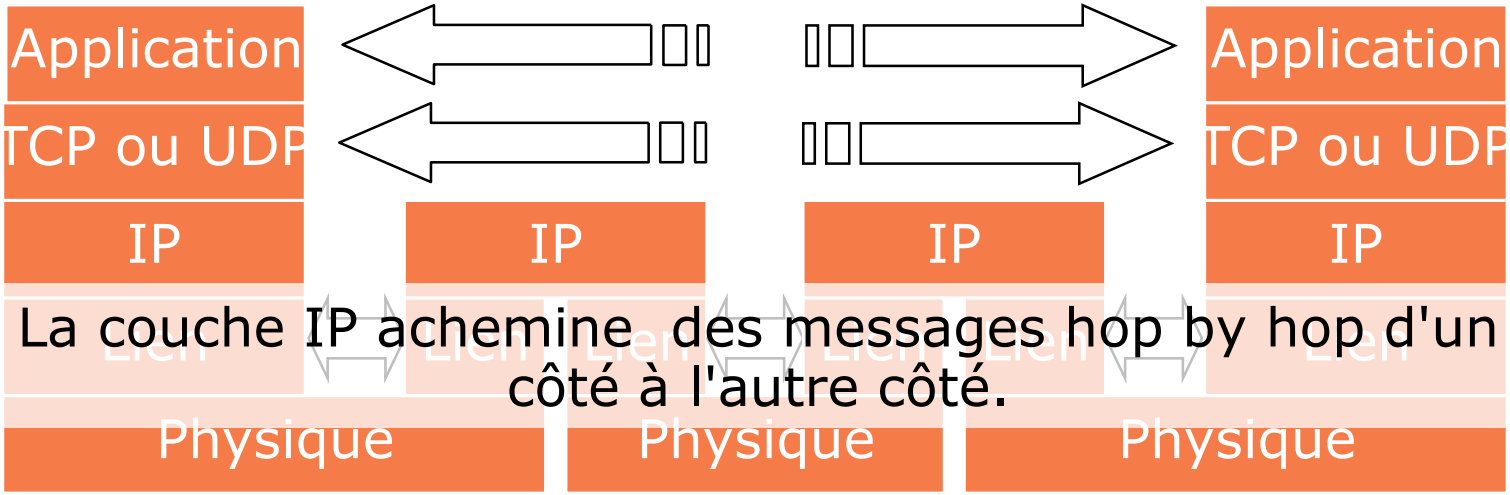


La couche de transport ne se soucie pas de ce qui se passe dans la couche IP au-dessous, à condition que la couche IP peut déplacer des datagrammes d'un côté à l'autre.

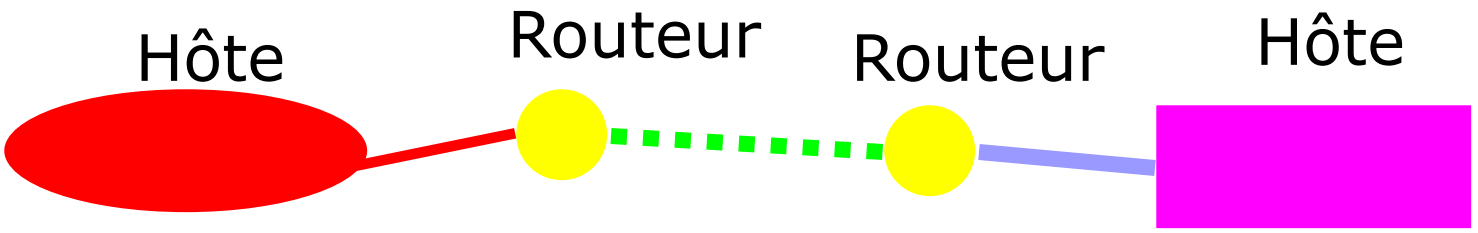


Interaction Layer:
La couche réseau (IP)

La couche IP doit savoir beaucoup de choses sur la topologie du réseau (quel hôte est connecté à quel routeur, quels routeurs sont connectés les uns aux autres), mais elle ne se soucie pas de ce qui se passe dans les couches supérieures.



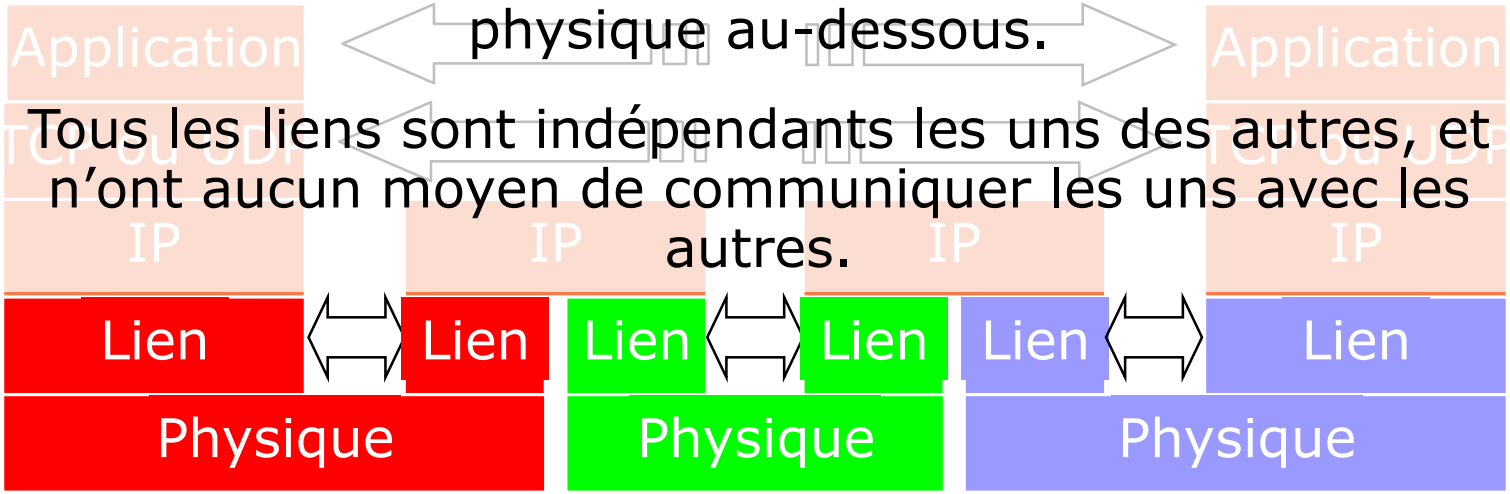
La couche IP achemine des messages hop by hop d'un côté à l'autre côté.

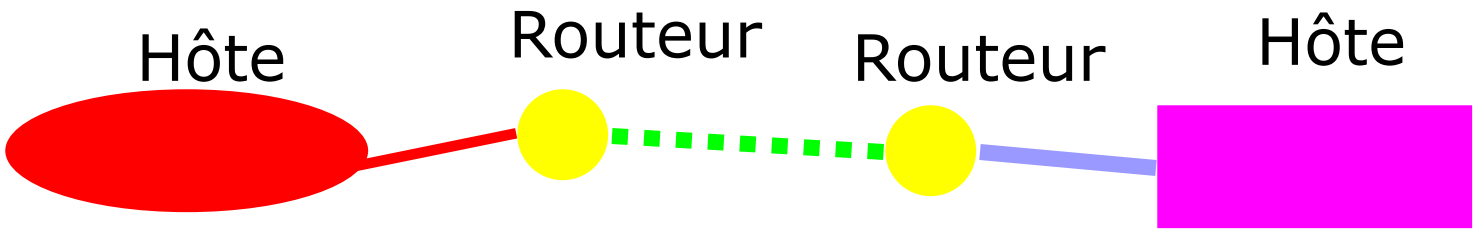


Interaction Layer: couches liaison et physiques

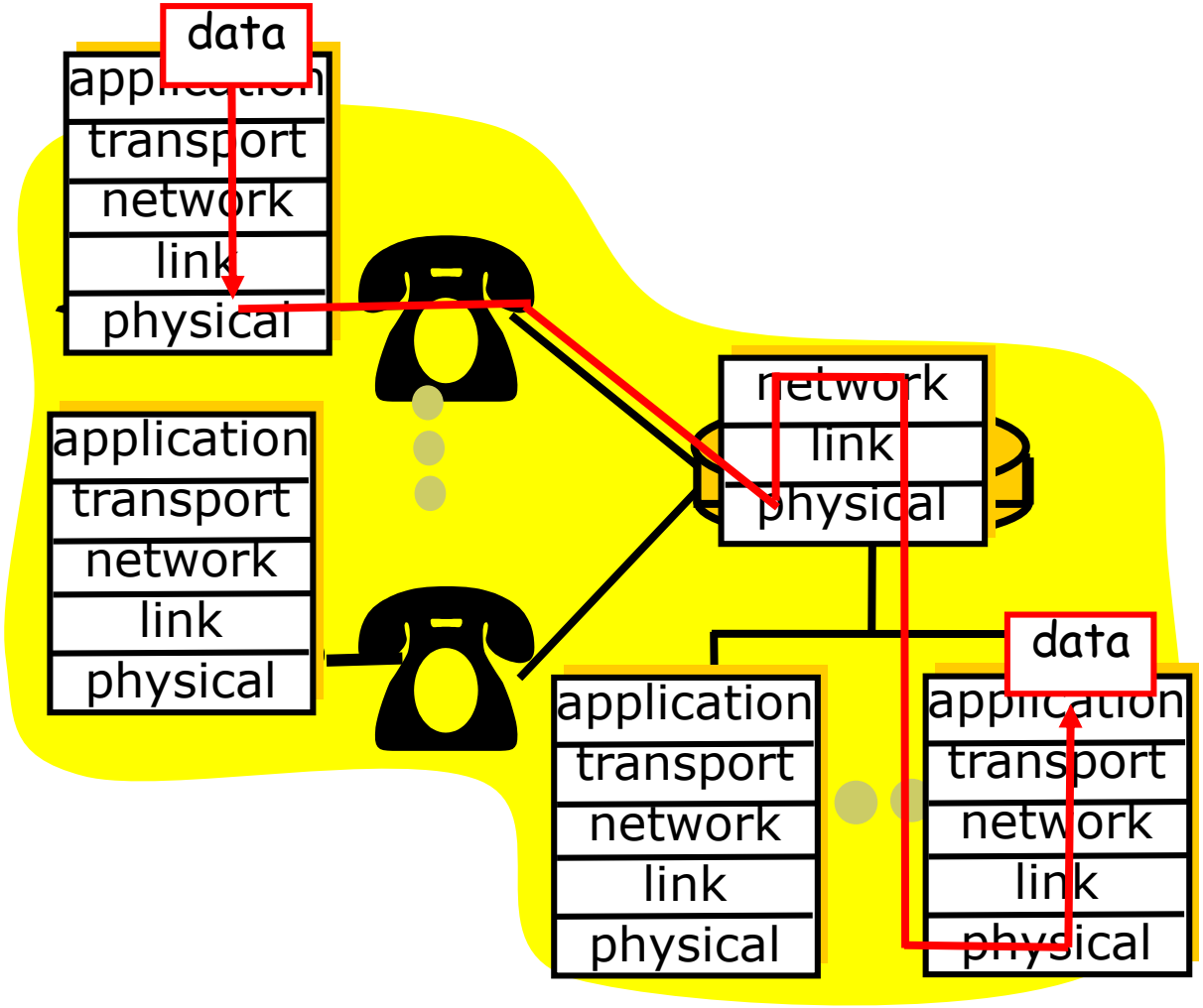
La couche liaison ne se soucie pas ce qui se passe au-dessus, mais elle est très étroitement liée à la couche physique au-dessous.

Tous les liens sont indépendants les uns des autres, et n'ont aucun moyen de communiquer les uns avec les autres.





Layering: communication physique

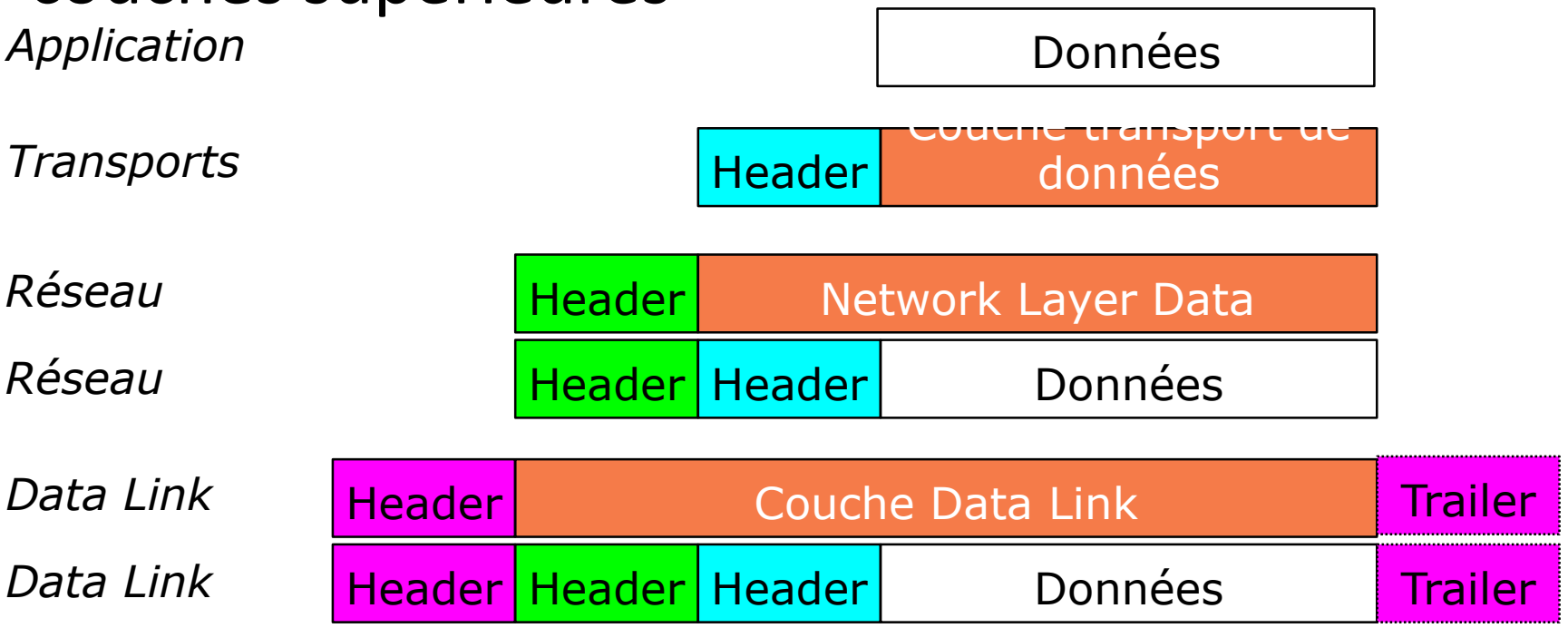


Frame, datagramme, segment et Paquet

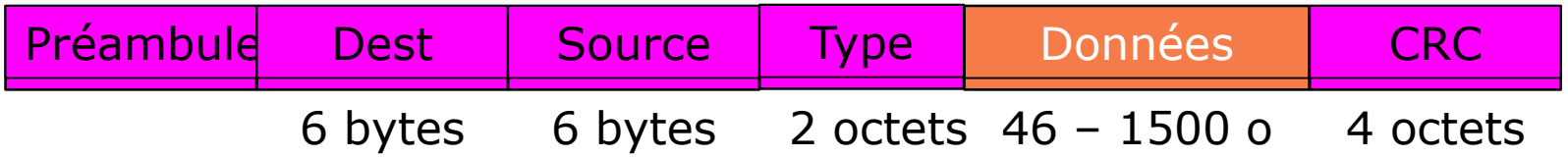
- Des noms différents pour les paquets de couches différentes
  - Frame Ethernet (couche lien)
  - Datagramme IP (couche réseau)
  - Segment TCP (couche de transport)
- La terminologie n'est pas strictement suivie
  - Nous utilisons souvent le terme «paquet» à n'importe quel niveau

Encapsulation et décapsulation

- Les couches inférieures ajoutent des entêtes (et parfois des trailers) aux données de couches supérieures

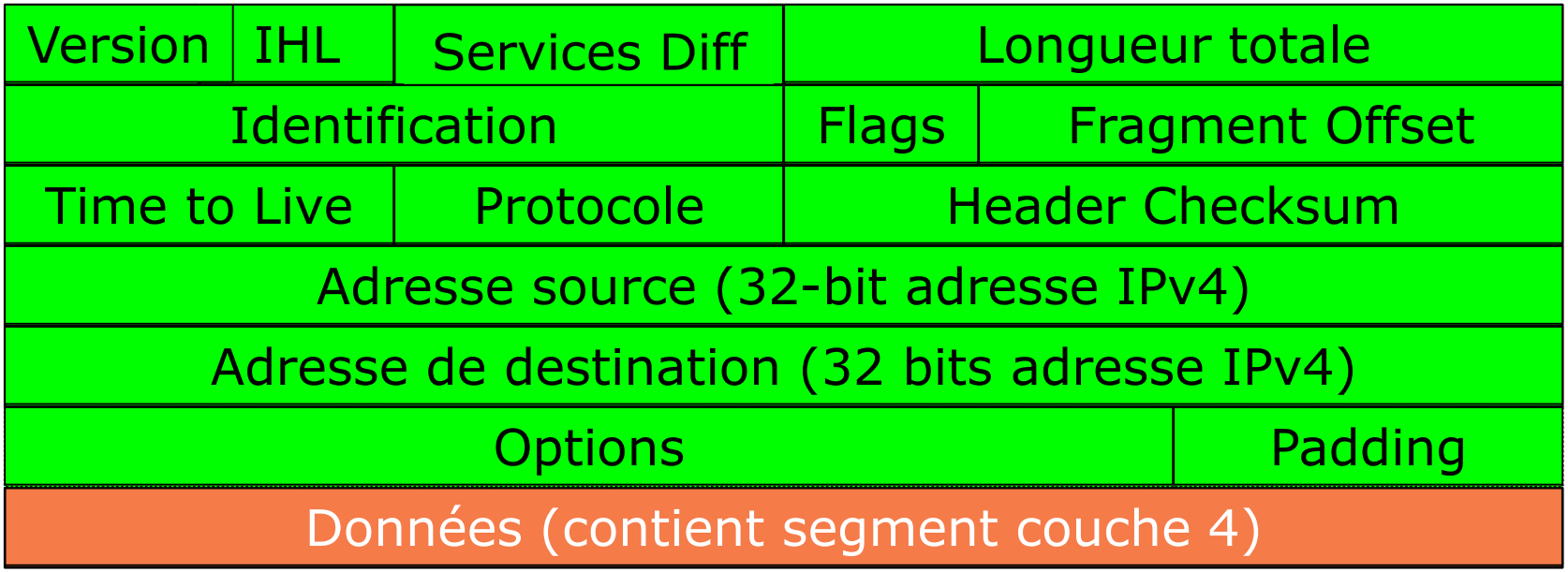


Couche 2 - Cadre Ethernet



- Source et destination sont des adresses MAC de 48-bits (ex : 00:26:04: 18: F6: AA)
- Type de 0x0800 signifie que les portions de "données" de la Frame Ethernet contiennent un datagramme IPv4. Type 0x0806 for ARP. Type 0x86DD for IPv6.
- La partie "Donnée" de la frame de couche 2 contient un datagramme de couche 3.

Couche 3 - IPv4 datagramme



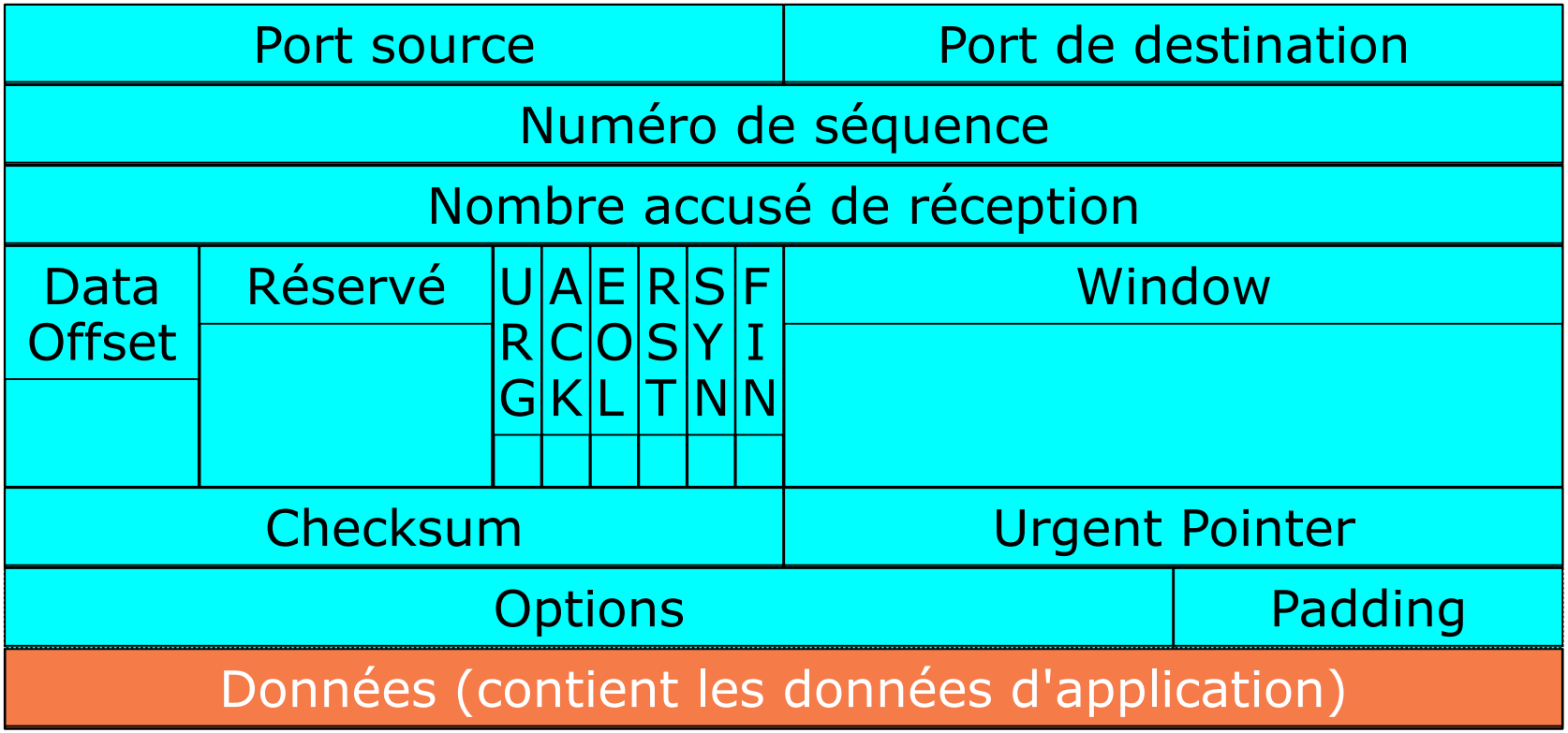
Version = 4

Si aucune option, le IHL = 5

Source et Destination sont 32-bits adresse IPv4

- protocole = 6 signifie que la portion de données contient un segment TCP. Protocole = 17 signifie UDP.

Couche 4 - segment TCP



- Source et destination sont des numéros de port TCP 16-bit (adresses IP sont dépendants du IP header)
- Si aucune option, Data Offset = 5 (ce qui signifie 20 octets)

Adressage IPv4

Objectif d'une adresse IP

- Identification unique de :
  - La Source
    - Comment le destinataire sait d’où vient le message?
    - Comment savoir qui a piraté votre réseau
  - La Destination
    - Comment envoyer des données à un autre réseau
- Format Réseau indépendant
  - IP sur quoi que ce soit

Objectif d'une adresse IP

Identifie la connexion d'une machine à un réseau

- Attribués de façon unique dans un format hiérarchique
  - IANA (Internet Assigned Number Authority)
  - IANA v RIRs (AfriNIC, ARIN, RIPE, APNIC, LACNIC)
  - RIR aux ISPs et les grandes organisations
  - ISP ou département IT de société aux utilisateurs finaux
- IPv4 utilise des adresses 32 bits uniques
- IPv6 utilise des adresses 128-bit uniques

Structure de base d'une adresse IPv4

- Nombre à 32 bits (numéro 4 octets):
  (par exemple 133.27.162.125)
- Représentation décimale:

133	27	162	125

- Représentation binaire:

10000101	00011011	10100010	01111101

- Représentation hexadécimale:

85	1B	A2	7D

Adressage dans Internetworks

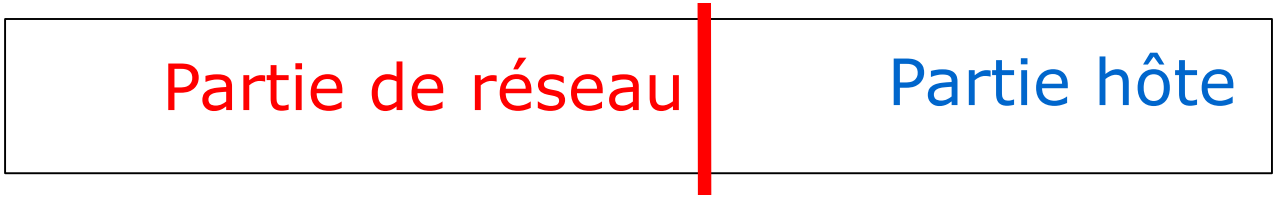
- Le problème que nous avons
  - Plus d'un réseau physique
  - Emplacements différentes
  - Plus grand nombre d'hôtes / systèmes informatiques
  - Besoin de tous les numéroter
- Nous utilisons un système structuré de numérotation
  - Les hôtes qui sont connectés au même réseau physique peuvent avoir des adresses IP «similaires»

La partie réseau et la partie hôte

- L'adresse IPv4 est de 32 bits
- divisée en une «partie du réseau" et une "partie hôte"
  - «La partie réseau» de l'adresse identifie le réseau dans le internetwork (par exemple Internet)«Partie hôte» identifie l'hôte sur ce réseau
  - «Partie hôte» identifie la machine sur ce réseau
  - Les hôtes ou les routeurs connectés au même réseau / couche lien vont avoir des adresses IP avec la même partie réseau, mais une partie hôte différente.
  - La partie hôte contient suffisamment de bits pour numéroter tous les hôtes du sous-réseau, par exemple 8 bits permettent 256 adresses

Diviser une adresse

- Division hiérarchique dans l'adresse IP:
  - Partie réseau (ou préfixe) - bits de poids fort (à gauche)
    - décrit le réseau physique
  - Partie hote - bits de poids faible (à droite)
    - qui décrit le hôte sur ce réseau



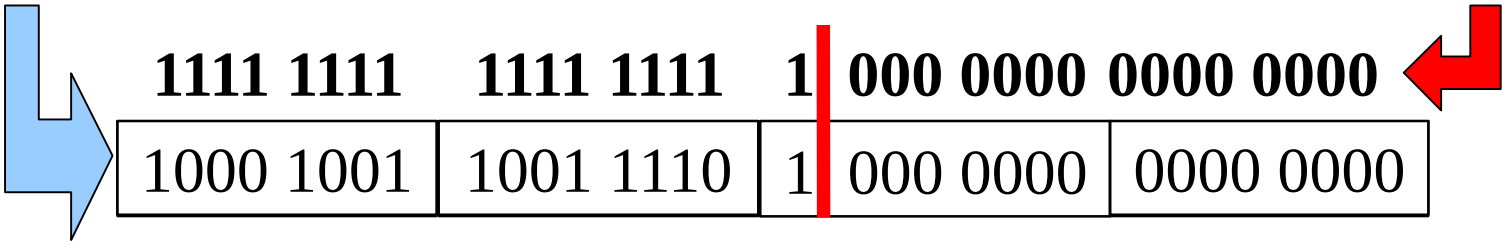
  - La démarcation peut être n'importe où
    - Les démarcations sont choisies en fonction de nombre d'hôtes requis

Masques réseau

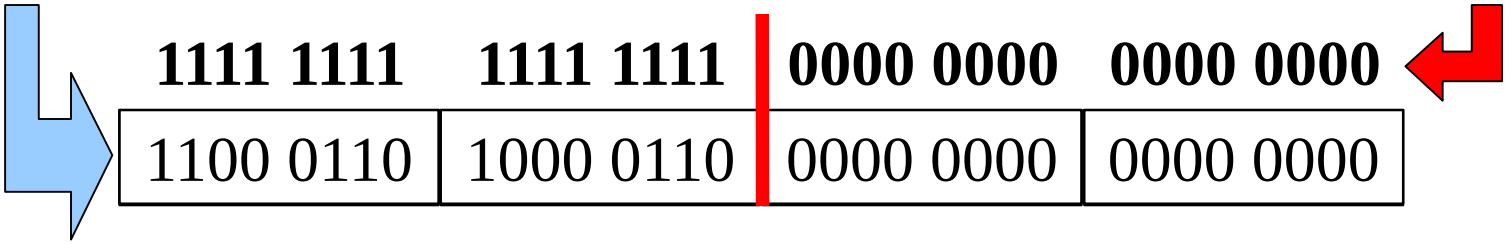
- "Les masques réseau" permettent de définir quels bits décrivent la partie du réseau, et lesquels la partie hôte
- Représentations différentes:
  - Notation décimale: 255.255.224.0
  - binaire: 11111111 11111111 11100000 00000000
  - hexadécimal: 0xFFFFE000
  - nombre de bits de réseau: / 19
    - compter les 1 dans la représentation binaire
- Les exemples ci-dessus signifient tous la même chose: 19 bits pour la partie réseau et 13 bits pour la partie hôte

Exemples de préfixes

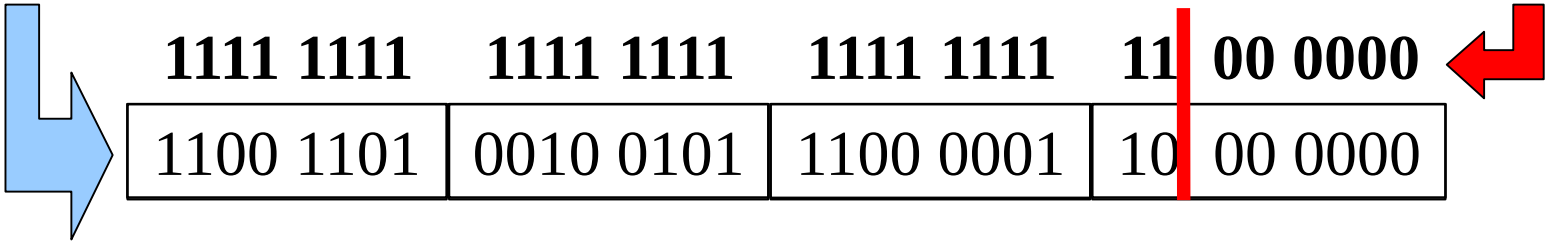
- 137.158.128.0/17 (netmask 255.255.128.0)



- 198.134.0.0/16 (netmask 255.255.0.0)



- 205.37.193.128/26 (netmask 255.255.255.192)



Adresses spéciales

- Tous 0 dans la partie hôte représente le réseau
  - e.g. 193.0.0.0/24
  - e.g. 138.37.64.0/18
- Toutes 1 dans la partie hôte: Broadcast
  - par exemple 193.0.0.255 (préfixe 193.0.0.0/24)
  - par exemple 138.37.127.255 (préfixe 138.37.64.0/18)
- 127.0.0.0 / 8: l'adresse Loopback (127.0.0.1)
- 0.0.0.0: Pour des usages divers spéciaux

Histoire ancienne:

- Un réseau classful ‘suggère’ naturellement un prefix-length or netmask:
  - Class A: prefix length /8 (netmask 255.0.0.0)
  - Class B: prefix length /16 (netmask 255.255.0.0)
  - Class C: prefix length /24 (netmask 255.255.255.0)
- les réseaux routés modernes (sans classes) ont plutôt des prefix-lengths or netmasks
  - Donc, idéalement, juste en regardant une adresse IP on peut pas connaître son prefix-length ou devrait être le netmask.
  - Dans ce cas la configuration de protocole a également besoin de netmask explicite ou de prefix-length.

Adressage sans classe de l'ère Post-1994.

- Les terminologies et les restrictions Classe A, Classe B, Classe C n'ont désormais qu'un intérêt historique.
  - Obsolète depuis 1994
- Le routage Internet et la gestion d'adresses sont de nos jours sans classes
- CIDR = Classless Inter-Domain Routing
  - Le routage ne suppose pas que les anciennes adresses classe A, B, C impliquent prefix lengths of /8, /16, /24
- VLSM = Variable-Length Subnet Masks
  - Le routeur ne suppose pas que tous les réseaux sont de meme taile

Exemple d'adressage sans classe

- Un ISP reçoit un grand bloc d'adresses
  - par exemple, un préfixe / 16, ou 65536 adresses séparées
- Attribue des blocs plus petits aux clients
  - par exemple, un préfixe / 24 (256 adresses) à un client, et un préfixe / 28 (16 adresses) à un autre client (et un peu d'espace qui reste pour d'autres clients)
- Une organisation qui reçoit un préfixe / 24 de son ISP , le divise en blocs plus petits
  - par exemple un préfixe /27 (32 adresses) pour un ministère, et un /28 (16 adresses) pour un autre ministère (et un peu d'espace qui reste pour d'autres réseaux internes)

Exercice d'adressage sans classe

- Considérons le bloc d'adresse 133.27.162.0 /24
- Allouer cinq blocs /28 séparées, un /27, et un /30
- Quelles sont les adresses IP de chaque bloc alloué ci-dessus?
  - Dans la notation prefix-length
  - Netmasks en décimal
  - Plages d'adresses IP
- Quels blocs sont encore disponibles (non encore attribué)?
- Quelle est la taille du plus grand bloc disponible?

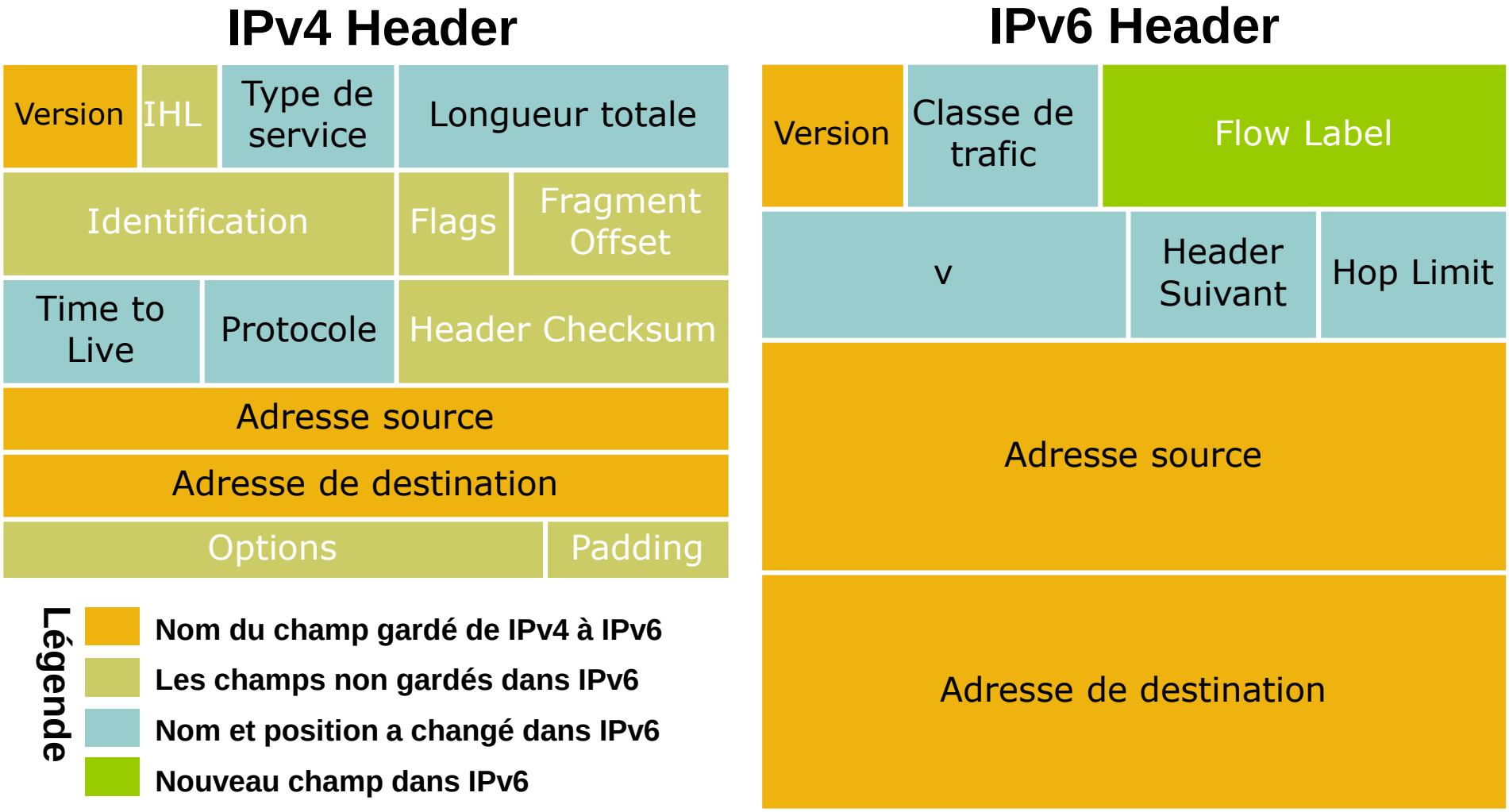
L'adressage IPv6

Adresses IP continu

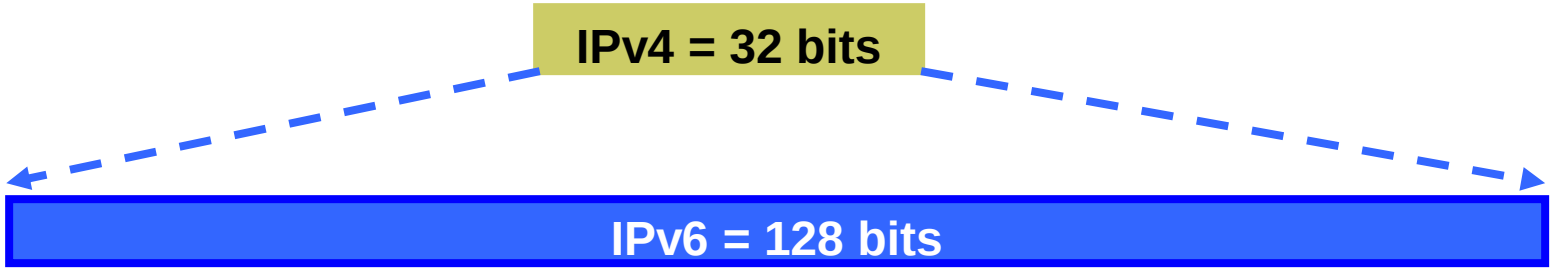
IP version 6

- IPv6 a été conçus en tant que successeur de l'IPv4
  - Espace d'adressage étendu
    - Longueur d’adresse quadruplé pour atteindre 16 octets (128 bits)
  - Simplification du format header
    - Longueur fixe, les headers facultatifs sont chainés
  - Pas de Checksum au niveau de la couche réseau
  - Pas de fragmentation par le routeur
    - Découverte du Path MTU
  - champs alignés sur 64 bits dans le header
  - Fonctions d'authentification et de confidentialité
    - IPsec est créé
  - Pas de broadcast

IPv4 et IPv6 comparaison de Header



Grand espace d'adressage



- IPv4
  - 32 bits
  - = 4,294,967,296 dispositifs adressables
- IPv6
  - 128 bits: 4 fois la taille en bits
  - = 3.4×10^{38} dispositifs adressables
  - = 340,282,366,920,938,463,463,374,607,431,768,211,456
  - ~ 5×10^{28} adresses par personne sur la planète

Représentation des adresses IPv6

- Les champs 16 bits dans la représentation hexadécimal sont insensibles à la casse.
  - 2031:0000:130F:0000:0000:09C0:876A:130B
- Les zéros à gauche dans un champ sont facultatifs:
  - 2031:0:130F:0:0:9C0:876A:130B
- Champs successifs de 0 représenté comme ::, mais seulement dans une adresse:
  - 2031:0:130F::9C0:876A:130B est bon ←
  - 2031::130F::9C0:876A:130B pas bon (deux "::")

  - 0:0:0:0:0:0:0:1 → ::1 (adresse loopback)
  - 0:0:0:0:0:0:0:0 → :: (adresse non spécifiée)

Représentation des adresses IPv6

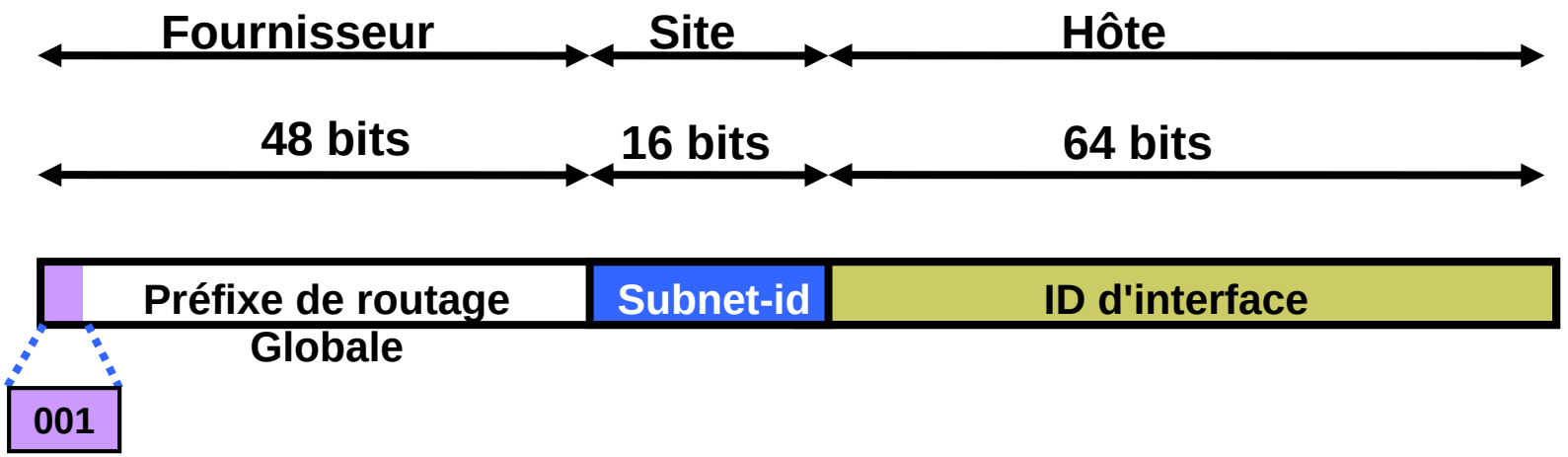
- Dans une URL, il est entouré de crochets (RFC3986)
  - http://[2001:db8:4f3a::206:ae14]:8080/index.html
  - Compliqué pour les utilisateurs
  - Cela se fait surtout à des fins de diagnostic
  - Utilisez des noms de domaine pleinement qualifié (FQDN) à la place

- Représentation de préfixe
  - La représentation du préfixe est la même que pour IPv4 CIDR
    - Adresse puis prefix-length, avec séparateur slash
  - Adresse IPv4:
    - 198.10.0.0/16
  - Adresse IPv6:
    - 2001:db8:12::/40

L'adressage IPv6

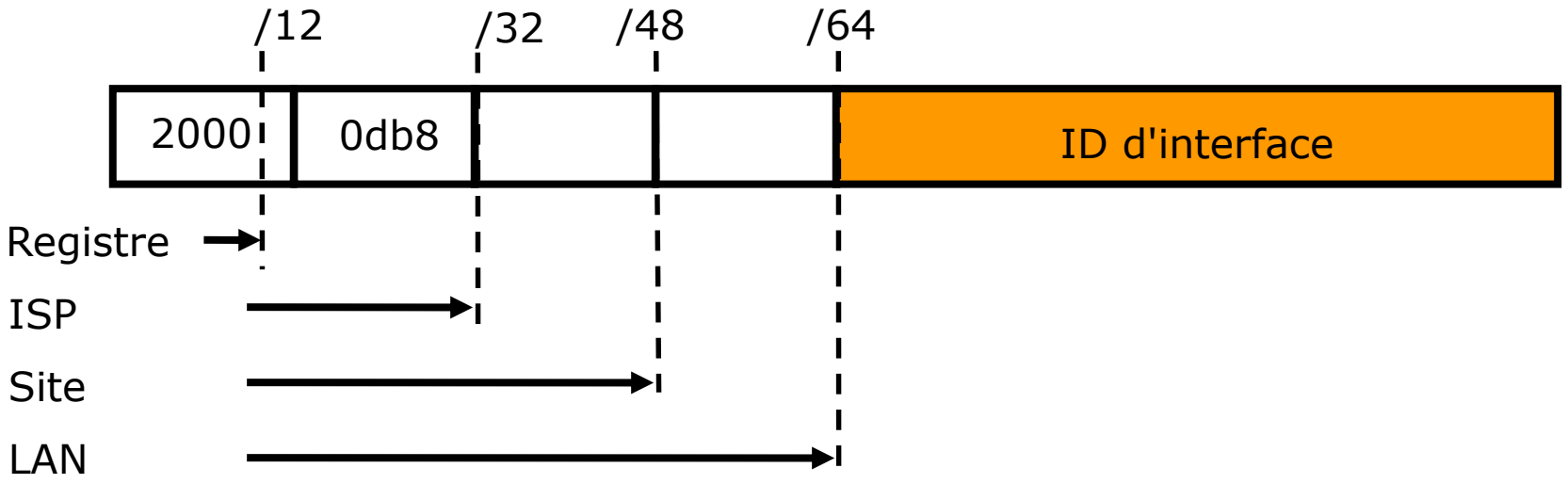
Type	Binaire	Hex
Indéterminé	0000…0000	::/128
Loopback	0000…0001	::1/128
Adresse unicast globale	0010 ...	2000::/3
Lien local Adresse unicast	1111 1110 10...	FE80::/10
Unique locale adresse unicast	1111 1100 ... 1111 1101 ...	FC00::/7
Adresse Multicast	1111 1111 ...	FF00::/8

Adresses IPv6 unicast globales



- Les adresses IPv6 unicast globales sont:
  - Adresses pour une utilisation générique de IPv6
  - La structure hiérarchique vise à simplifier l'agrégation

L'allocation des adresses IPv6

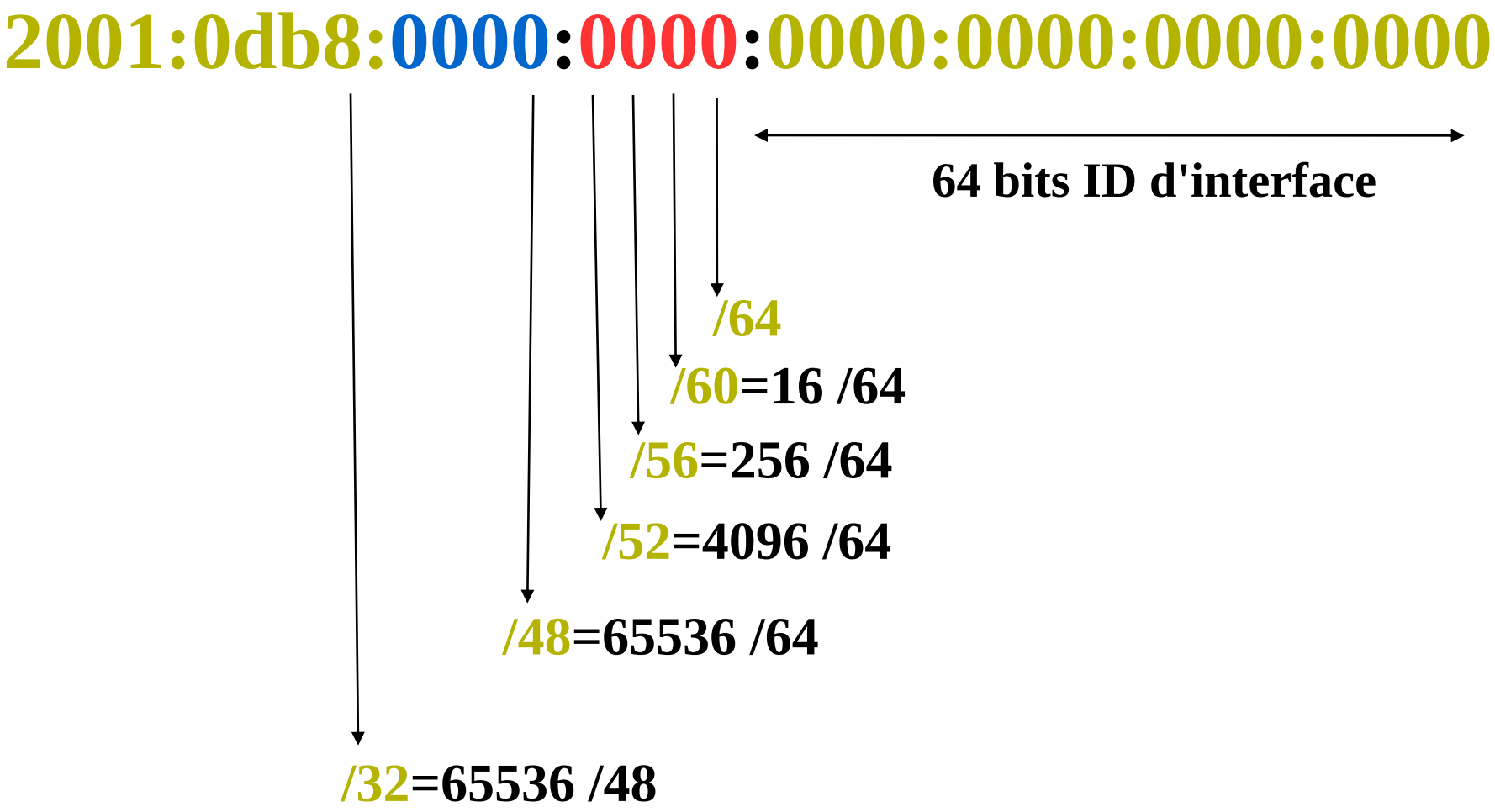


- Le processus d'allocation est le suivant:
  - L'IANA alloue parmi 2000 :: / 3 pour une utilisation initial d'IPv6 unicast
  - Chaque registre obtient un préfixe /12 de l'IANA
  - Le registre attribue un /32 préfixe (ou plus) à un ISP IPv6
  - Les ISP attribuent un préfixe /48 à chaque client final

Portée d'adressage IPv6

- 64 bits utilisés pour l'interface ID
  - Possibilité de 2^{64} hôtes sur un réseau LAN
  - Arrangement pour accueillir les adresses MAC dans l'adresse IPv6
- 16 bits utilisés pour les end-site
  - Possibilité de 2^{16} réseaux sur chaque site
  - 65536 sous réseaux

IPV6 Subnetting



Concept Nibble (4 bits)

Decimal	Binary	Hexadecimal
0	0000	0
1	0001	1
2	0010	2
3	0011	3
4	0100	4
5	0101	5
6	0110	6
7	0111	7
8	1000	8
9	1001	9
10	1010	a
11	1011	b
12	1100	c
13	1101	d
14	1110	e
15	1111	f

2001:0db8::/32

2001:0db8:0000::/48	2001:0db8:0100::/48	2001:0db8:0200::/48	2001:0db8:0300::/48
2001:0db8:0001::/48	2001:0db8:0101::/48	2001:0db8:0201::/48	2001:0db8:0301::/48
2001:0db8:0002::/48	2001:0db8:0102::/48	2001:0db8:0202::/48	2001:0db8:0302::/48
2001:0db8:0003::/48	2001:0db8:0103::/48	2001:0db8:0203::/48	2001:0db8:0303::/48
2001:0db8:0004::/48	2001:0db8:0104::/48	2001:0db8:0204::/48	2001:0db8:0304::/48
2001:0db8:0005::/48	2001:0db8:0105::/48	2001:0db8:0205::/48	2001:0db8:0305::/48
2001:0db8:0006::/48	2001:0db8:0106::/48	2001:0db8:0206::/48	2001:0db8:0306::/48
2001:0db8:0007::/48	2001:0db8:0107::/48	2001:0db8:0207::/48	2001:0db8:0307::/48
2001:0db8:0008::/48	2001:0db8:0108::/48	2001:0db8:0208::/48	2001:0db8:0308::/48
2001:0db8:0009::/48	2001:0db8:0109::/48	2001:0db8:0209::/48	2001:0db8:0309::/48
2001:0db8:000a::/48	2001:0db8:010a::/48	2001:0db8:020a::/48	2001:0db8:030a::/48
2001:0db8:000b::/48	2001:0db8:010b::/48	2001:0db8:020b::/48	2001:0db8:030b::/48
2001:0db8:000c::/48	2001:0db8:010c::/48	2001:0db8:020c::/48	2001:0db8:030c::/48
2001:0db8:000d::/48	2001:0db8:010d::/48	2001:0db8:020d::/48	2001:0db8:030d::/48
2001:0db8:000e::/48	2001:0db8:010e::/48	2001:0db8:020e::/48	2001:0db8:030e::/48
2001:0db8:000f::/48	2001:0db8:010f::/48	2001:0db8:020f::/48	2001:0db8:030f::/48
2001:0db8:0010::/48	2001:0db8:0110::/48	2001:0db8:0210::/48	2001:0db8:0310::/48
2001:0db8:0011::/48	2001:0db8:0111::/48	2001:0db8:0211::/48	2001:0db8:0311::/48
2001:0db8:0012::/48	2001:0db8:0112::/48	2001:0db8:0212::/48	2001:0db8:0312::/48
2001:0db8:0013::/48	2001:0db8:0113::/48	2001:0db8:0213::/48	2001:0db8:0313::/48
2001:0db8:0014::/48	2001:0db8:0114::/48	2001:0db8:0214::/48	2001:0db8:0314::/48
2001:0db8:0015::/48	2001:0db8:0115::/48	2001:0db8:0215::/48	2001:0db8:0315::/48
2001:0db8:0016::/48	2001:0db8:0116::/48	2001:0db8:0216::/48	2001:0db8:0316::/48
2001:0db8:0017::/48	2001:0db8:0117::/48	2001:0db8:0217::/48	2001:0db8:0317::/48
2001:0db8:0018::/48	2001:0db8:0118::/48	2001:0db8:0218::/48	2001:0db8:0318::/48
2001:0db8:0019::/48	2001:0db8:0119::/48	2001:0db8:0219::/48	2001:0db8:0319::/48
2001:0db8:001a::/48	2001:0db8:011a::/48	2001:0db8:021a::/48	2001:0db8:031a::/48
2001:0db8:001b::/48	2001:0db8:011b::/48	2001:0db8:021b::/48	2001:0db8:031b::/48
2001:0db8:001c::/48	2001:0db8:011c::/48	2001:0db8:021c::/48	2001:0db8:031c::/48
2001:0db8:001d::/48	2001:0db8:011d::/48	2001:0db8:021d::/48	2001:0db8:031d::/48
2001:0db8:001e::/48	2001:0db8:011e::/48	2001:0db8:021e::/48	2001:0db8:031e::/48
2001:0db8:001f::/48	2001:0db8:011f::/48	2001:0db8:021f::/48	2001:0db8:031f::/48
2001:0db8:0020::/48	2001:0db8:0120::/48	2001:0db8:0220::/48	2001:0db8:0320::/48
2001:0db8:0021::/48	2001:0db8:0121::/48	2001:0db8:0221::/48	2001:0db8:0321::/48
2001:0db8:0022::/48	2001:0db8:0122::/48	2001:0db8:0222::/48	2001:0db8:0322::/48
2001:0db8:0023::/48	2001:0db8:0123::/48	2001:0db8:0223::/48	2001:0db8:0323::/48
2001:0db8:0024::/48	2001:0db8:0124::/48	2001:0db8:0224::/48	2001:0db8:0324::/48
2001:0db8:0025::/48	2001:0db8:0125::/48	2001:0db8:0225::/48	2001:0db8:0325::/48
2001:0db8:0026::/48	2001:0db8:0126::/48	2001:0db8:0226::/48	2001:0db8:0326::/48
2001:0db8:0027::/48	2001:0db8:0127::/48	2001:0db8:0227::/48	2001:0db8:0327::/48
2001:0db8:0028::/48	2001:0db8:0128::/48	2001:0db8:0228::/48	2001:0db8:0328::/48
2001:0db8:0029::/48	2001:0db8:0129::/48	2001:0db8:0229::/48	2001:0db8:0329::/48
2001:0db8:002a::/48	2001:0db8:012a::/48	2001:0db8:022a::/48	2001:0db8:032a::/48
2001:0db8:002b::/48	2001:0db8:012b::/48	2001:0db8:022b::/48	2001:0db8:032b::/48
2001:0db8:002c::/48	2001:0db8:012c::/48	2001:0db8:022c::/48	2001:0db8:032c::/48
2001:0db8:002d::/48	2001:0db8:012d::/48	2001:0db8:022d::/48	2001:0db8:032d::/48
2001:0db8:002e::/48	2001:0db8:012e::/48	2001:0db8:022e::/48	2001:0db8:032e::/48
2001:0db8:002f::/48	2001:0db8:012f::/48	2001:0db8:022f::/48	2001:0db8:032f::/48
2001:0db8:0030::/48	2001:0db8:0130::/48	2001:0db8:0230::/48	2001:0db8:0330::/48
2001:0db8:0031::/48	2001:0db8:0131::/48	2001:0db8:0231::/48	2001:0db8:0331::/48

Sommaire

- Vaste espace d'adressage
- Adressage Hexadécimal
- Hiérarchie d'adressage distincte entre les ISP, end-sites, et les LANs,
  - Les ISP ont généralement un /32
  - Les clients finaux ont généralement /48
  - LANs ont des /64s
- Les autres fonctionnalités IPv6 seront discutées plus tard

Reconnaissance et attribution

Cette présentation contient des contenus et des informations initialement développés et gérés par les organisations / personnes suivantes et fournie pour le projet AXIS de l'Union africaine

AfNOG
African Network Operators Group

www.afnog.org

GRAND DUCHY OF LUXEMBOURG
Ministry of Foreign Affairs

Directorate for Development Cooperation

European Union Africa
Infrastructure Trust Fund

Introduction à Internet Protocol (IP) Version 4 et version 6

Internet Society™