



IMT Mines Alès
École Mines-Télécom

Réseaux informatiques

Yan Moret
Bureau : M.011
Tél : 04 34 24 62 04
07 79 88 12 16
Email : yan.moret@mines-ales.fr



Objectifs

- ▶ Définir les termes génériques des réseaux de communication
- ▶ Identifier les services et les fonctions de base d'un réseau de communication
- ▶ Identifier les différents équipements constituant un réseau de communication

- ▶ Tout en se focalisant sur le cas particulier d'Internet et des réseaux informatiques (et donc numériques)

Réseau de communication et services

Réseau de communication

4

Définition

- ▶ Définition large
 - ▶ Ensemble de ressources matériels et logiciels liées à la transmission et l'échange d'information (données/data) entre différentes entités
- ▶ Cette définition inclus
 - ▶ Équipements terminaux
 - ▶ Ordinateur, smartphone, capteur, serveur...
 - ▶ Équipements réseaux
 - ▶ Commutateur, routeur, point d'accès WiFi...
 - ▶ Les applications (logiciels) réseaux et services associés
 - ▶ Navigateur Web, messagerie électronique...

Réseau de communication

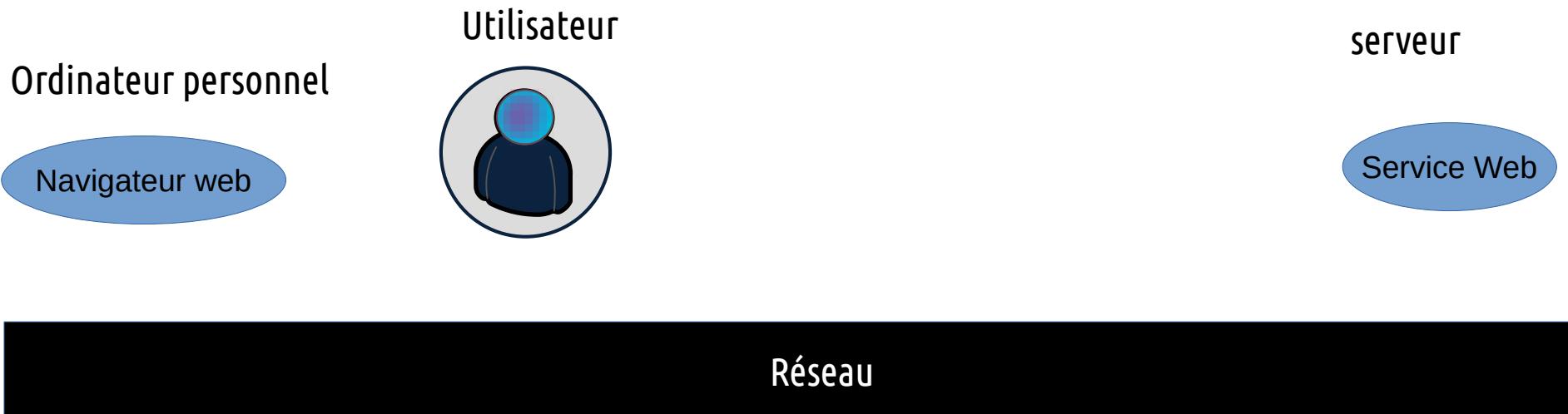
Classification par famille

Famille	Caractéristiques	Exemples
<u>Télécom</u>	<ul style="list-style-type: none">- Échange d'un type d'information spécifique (par ex. la voix)- Mode de communication conversationnel	<ul style="list-style-type: none">- Réseau téléphonique
<u>Informatique</u>	<ul style="list-style-type: none">- Échange de plusieurs types d'information simultanée (par ex. la voix, des messages, des images <u>et</u> des vidéos...)	<ul style="list-style-type: none">- Ethernet- WiFi- <u>Internet</u>...
<u>Télédiffusion</u>	<ul style="list-style-type: none">- Échange d'information unilatérale entre une source et un grand nombre de destinataire	<ul style="list-style-type: none">- Télévision- Radio...
<u>Industriel</u>	<ul style="list-style-type: none">- Échange d'information de type contrôle/ commande de capteur ou d'actionneur	<ul style="list-style-type: none">- CanBus- ModBus- ...

Réseau de communication

Services

- ▶ Le réseau n'a de sens que s'il rend un service aux utilisateurs (humain/logiciel) du réseau
- ▶ Exemple d'un utilisateur de navigateur Web



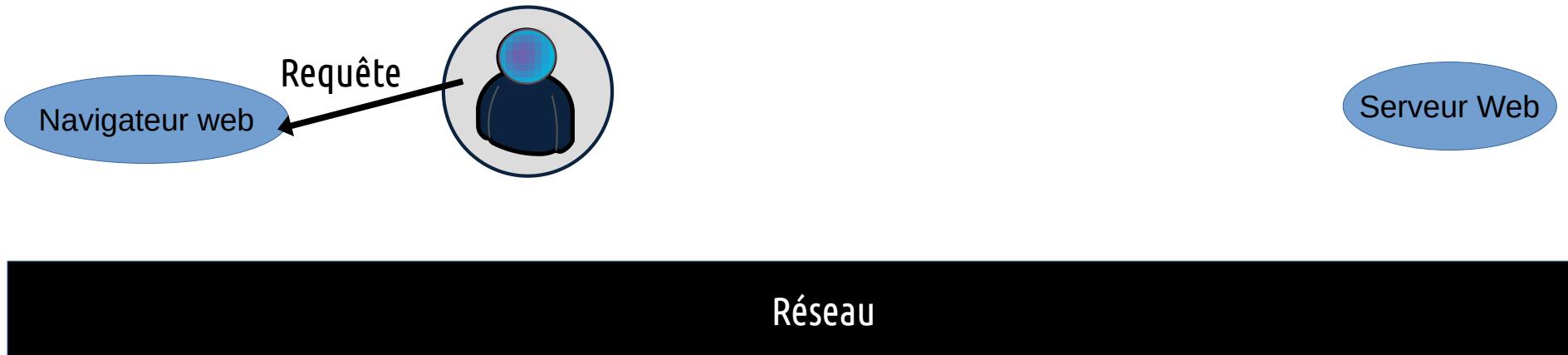
Réseau de communication

7

Services

► L'utilisateur fait appel au service du navigateur Web

- Le service du navigateur Web est l'affichage d'une page Web définie par une adresse (par ex. imt-mines-ales.fr) et un chemin (par ex. /ecole/campus)



Réseau de communication

8

Services

► Le navigateur fait appel au service du réseau

- Le service du réseau consiste à acheminer la requête jusqu'au serveur Web, et d'acheminer la réponse (page Web) du serveur jusqu'au navigateur

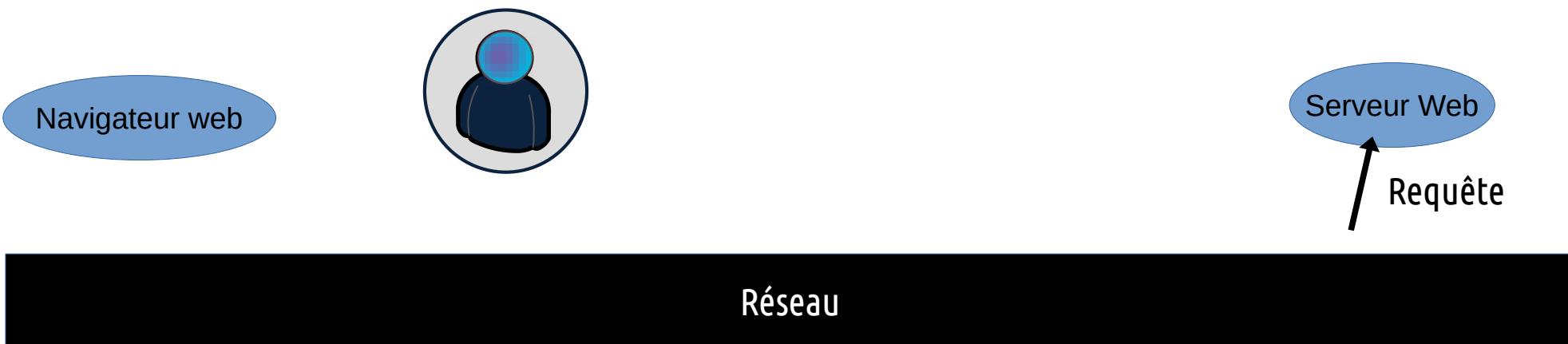


Réseau de communication

9

Services

- ▶ L'information circule dans le réseau
- ▶ Dans ce schéma, le navigateur est la source de la communication, et le serveur Web est le destinataire de la communication



Réseau de communication

10

Services

- ▶ Puis, le serveur transmet une réponse (page Web) en faisant appel au service du réseau
- ▶ Dans ce schéma, le serveur Web est la source de la communication, et le navigateur est le destinataire de la communication

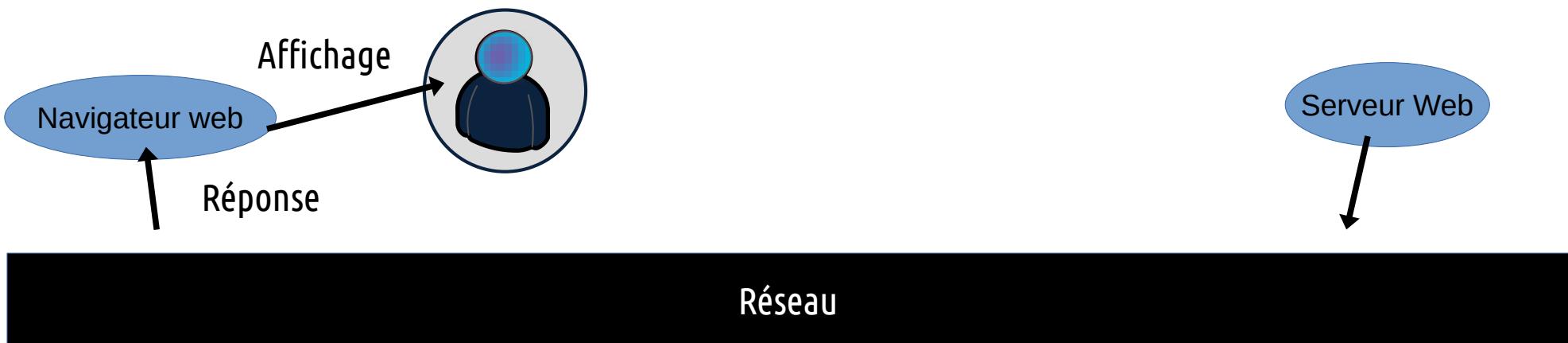


Réseau de communication

11

Services

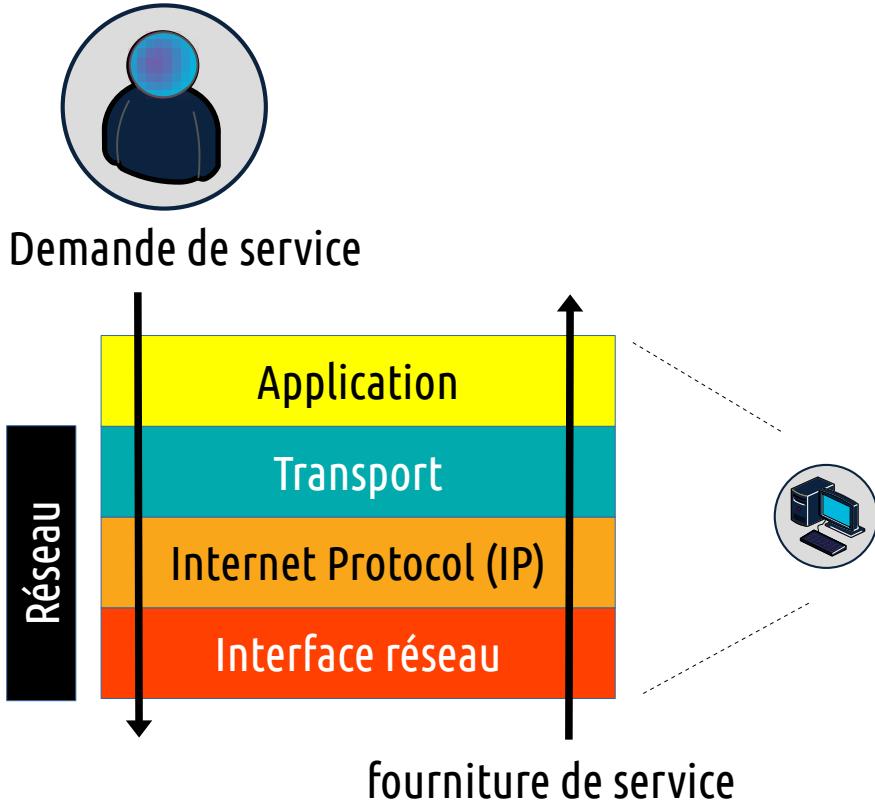
- ▶ La réponse est reçue et affichée par le navigateur
- ▶ Le service a été rendu par le réseau et par le navigateur



Réseau de communication

Services en couche

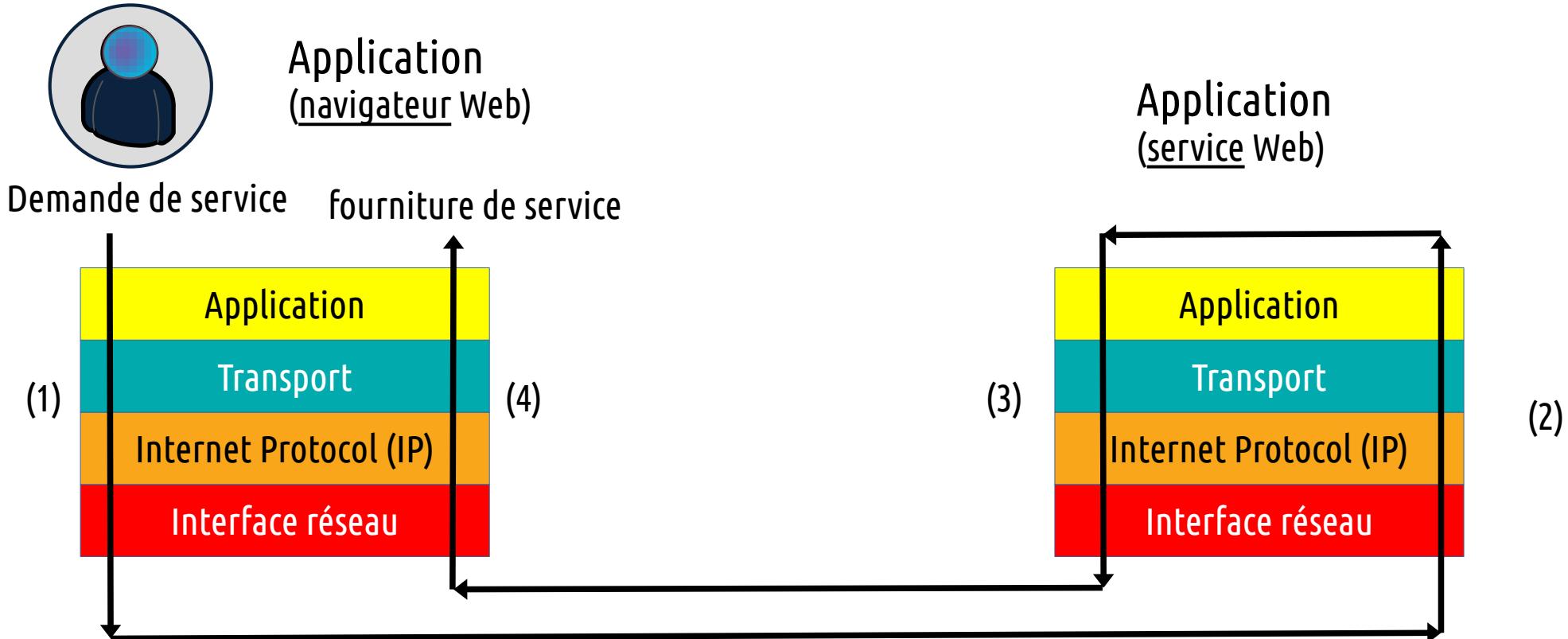
12



- ▶ Le système d'exploitation (MacOS, Windows, Linux) des équipements est découpé en couche
- ▶ Une couche fournit des services à la couche de niveau supérieur
- ▶ Les couches sont spécialisées
 - Transport : service de fiabilisation des communications
 - Internet Protocol (routage) : acheminement des paquets
 - Interface réseau (Ethernet, WiFi...) : transmission bit à bit sur le medium de communication

Réseau de communication

Services en couche

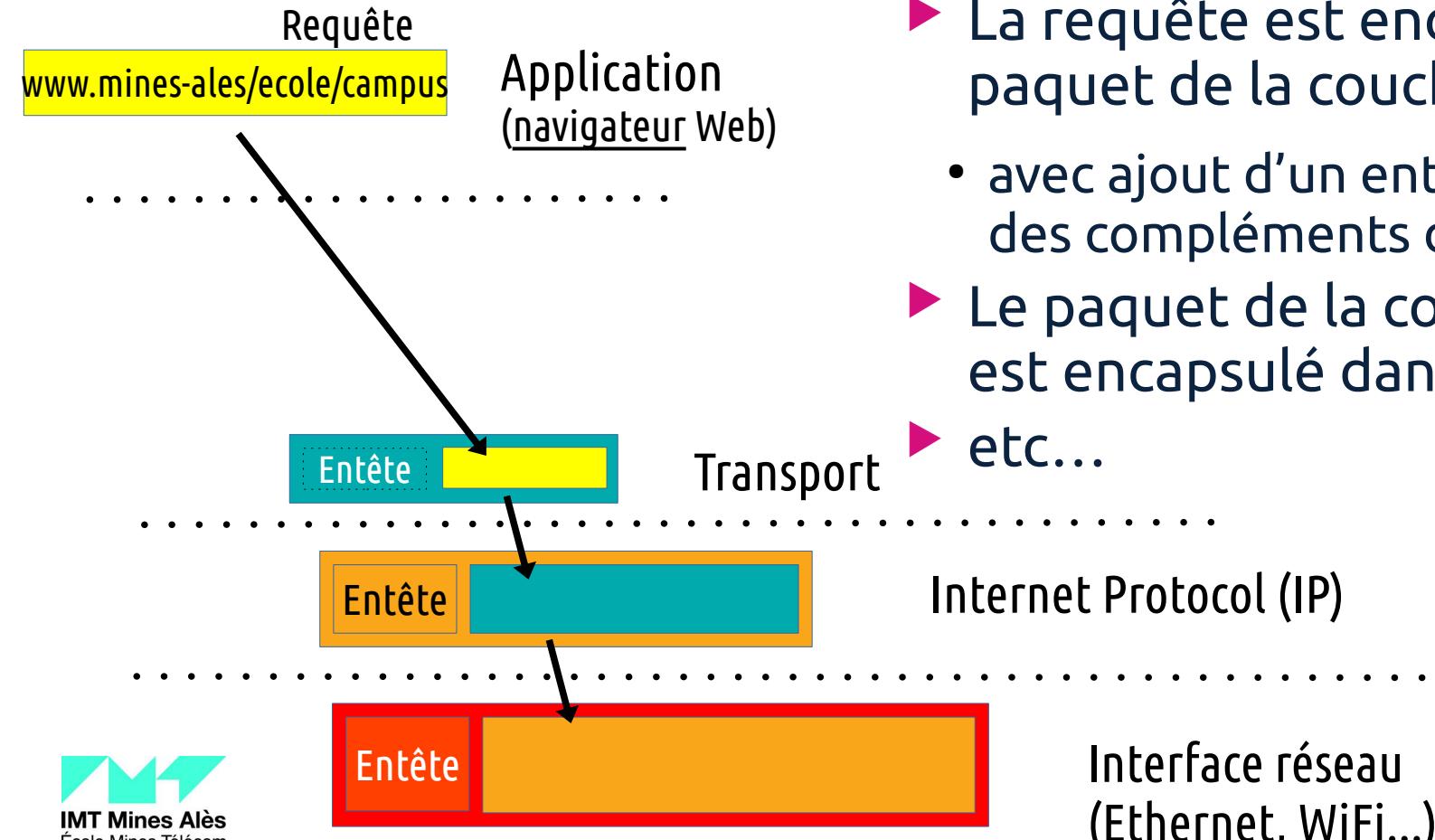


Réseau de communication

Services en couche

(1)

14



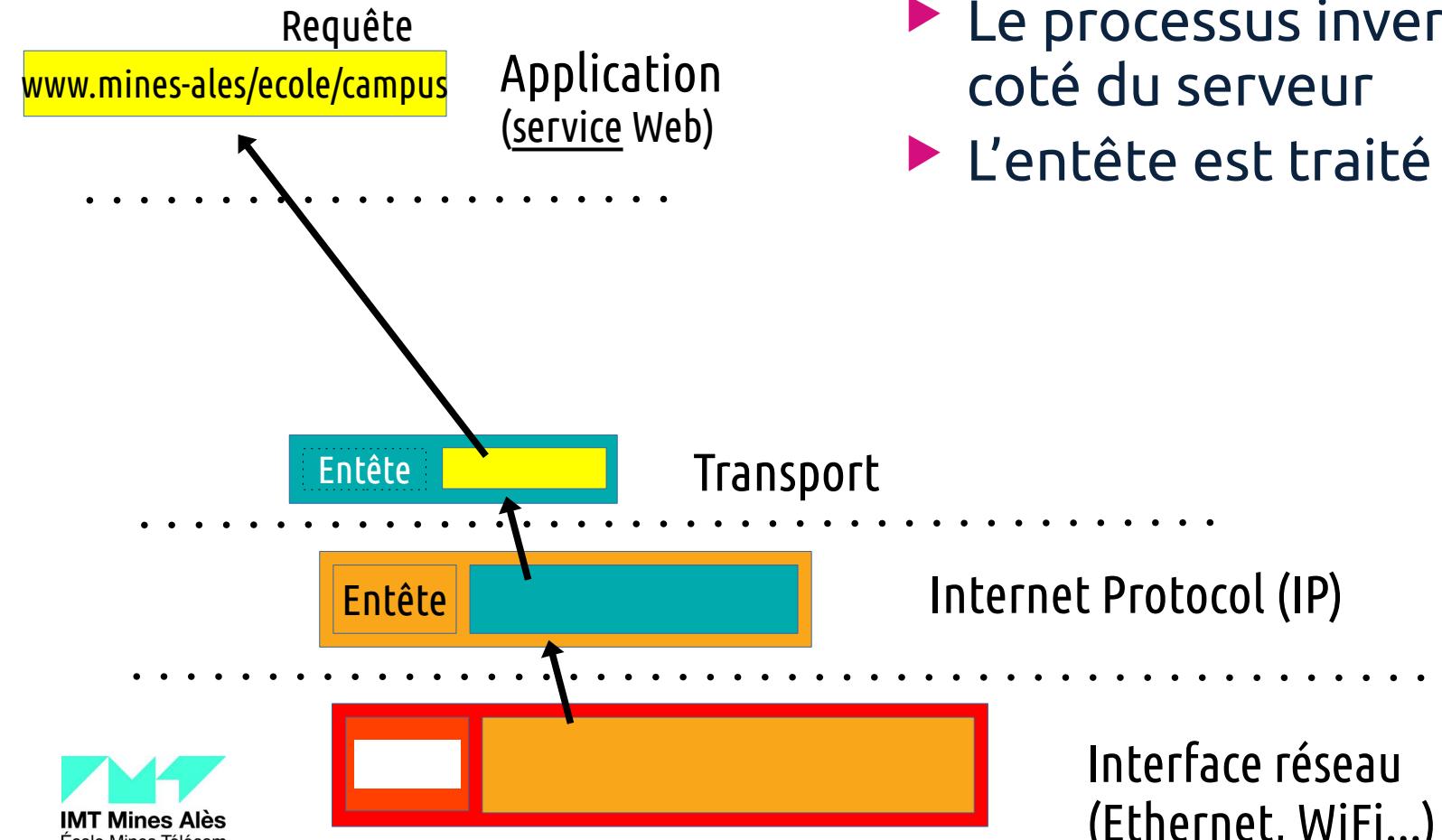
- ▶ La requête est encapsulée dans un paquet de la couche transport
 - avec ajout d'un entête pour ajouter des compléments d'information
- ▶ Le paquet de la couche transport est encapsulé dans un paquet IP
- ▶ etc...

Réseau de communication

(2)

Services en couche

15



- ▶ Le processus inverse s'opère du côté du serveur
- ▶ L'entête est traité puis supprimé

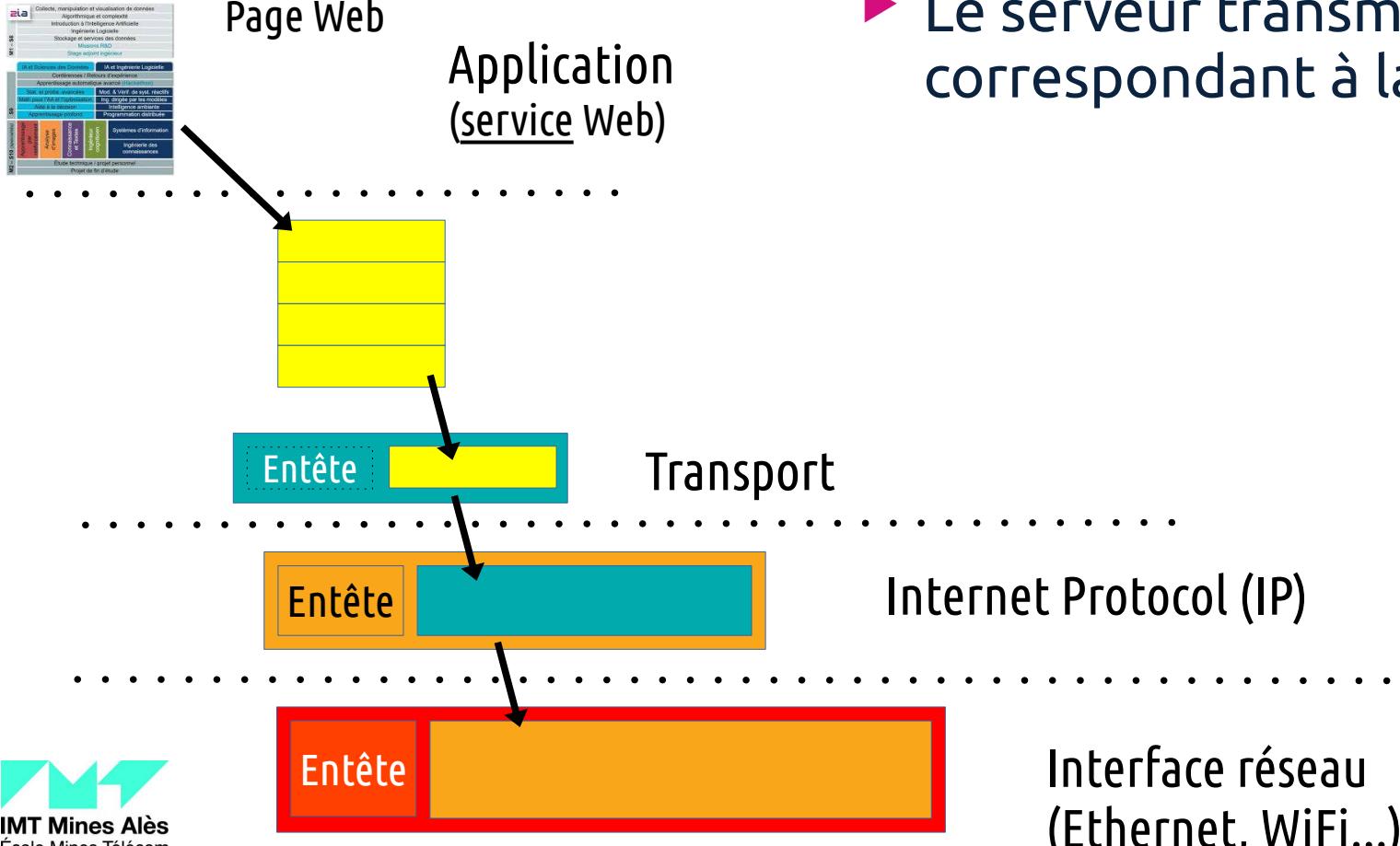
Réseau de communication

Services en couche

(3)

16

- ▶ Le serveur transmet la page Web correspondant à la requête



Réseau de communication

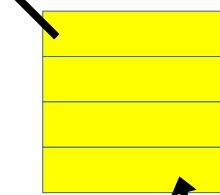
Services en couche

17



Page Web

Application
(navigateur Web)



Entête

Transport

Entête

Internet Protocol (IP)

Entête

Interface réseau
(Ethernet, WiFi...)

- ▶ Le navigateur reconstitue la page Web à partir des paquets
- ▶ Puis affiche la page Web
 - le service est rendu à l'utilisateur

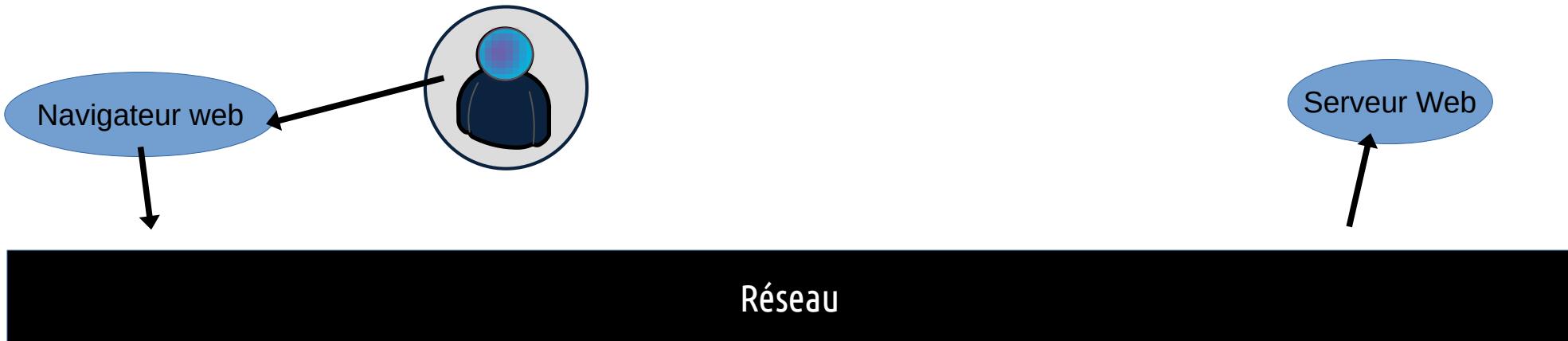
Réseau de communication

18

Services de base

► Deux services essentiels

- Service de transmission
- Service de sécurisation



Service de transmission

- ▶ Assure la transmission des informations entre utilisateur du service
 - Service principal de tous les réseaux
 - Caractérisé par sa qualité (qualité de service)

- ▶ Qualité de service
 - Avec ou sans perte (taux de perte)
 - Avec ou sans maîtrise des délais de transfert (délai, et variation de délai, entre l'émission et la réception d'une information)
 - Avec plus ou moins de débit

Service de transmission

- ▶ Un navigateur web exigera un service de transmission sans perte, mais sans maîtrise du délai de transfert (délais non bornés)
- ▶ Une application de visio exigera un service de transmission qui maîtrise les délais de transfert (délais borné), mais sans maîtrise des pertes
 - Un délai supérieur à 500ms perturbe fortement une communication orale
- ▶ Un logiciel de collecte de température d'un silo de centrale nucléaire exigera un service de transmission sans perte, et la maîtrise des délais de transfert (pas plus de 1 seconde)

Service de sécurisation

- ▶ Assure la sécurisation des informations utilisateur du service
 - Service secondaire (mais primordial)
 - Caractérisé par plusieurs critères
- ▶ Critères
 - Confidentialité
 - Le service s'assure que les informations ne peuvent être interprétées par un utilisateur non autorisé
 - Intégrité
 - Le service s'assure que les informations, reçues par l'utilisateur final, n'ont pas été modifiées par un tiers
 - Authentification
 - Le service s'assure de l'identité des utilisateurs (en émission et/ou réception)

Service de sécurisation

► Critères (bis)

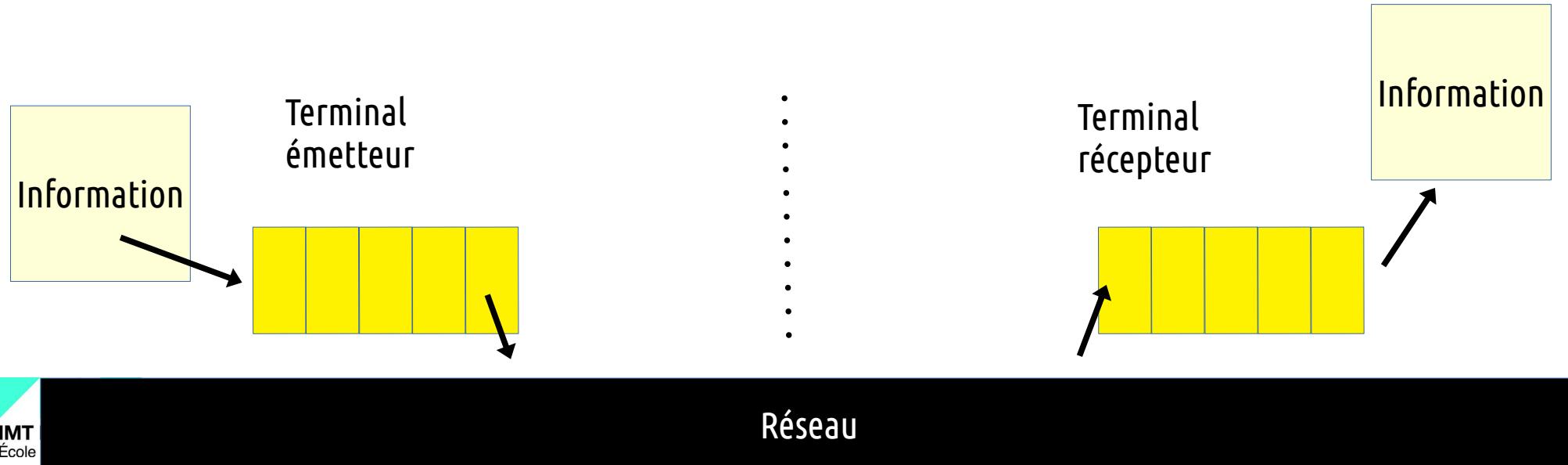
- Disponibilité
 - Le service s'assure de son accessibilité
 - ...
- Un navigateur Web exigera un service de confidentialité et d'intégrité ([https](https://))
 - Éventuellement d'authentification
- Un logiciel de collecte de température d'un silo de centrale nucléaire exigera un service d'intégrité et de haute disponibilité

Réseau mode paquet

Réseau mode paquet

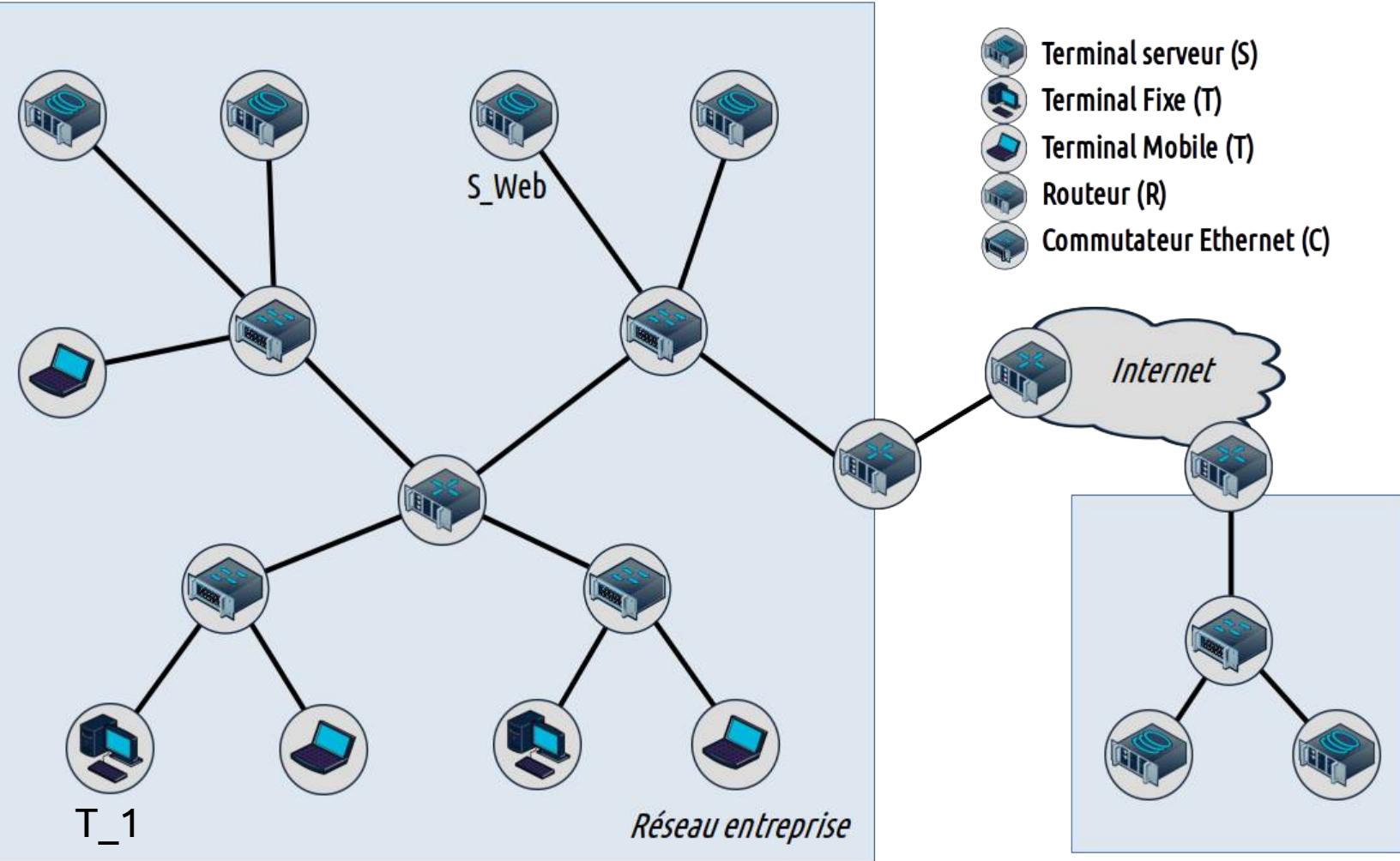
Paquétisation

- ▶ Internet est un réseau en mode paquet
 - Toutes les informations sont découpées, puis intégrées dans des paquets (ou message) → paquétisation
 - Puis les paquets transiteront sur le réseau
 - Et finalement, l'information est reconstituée



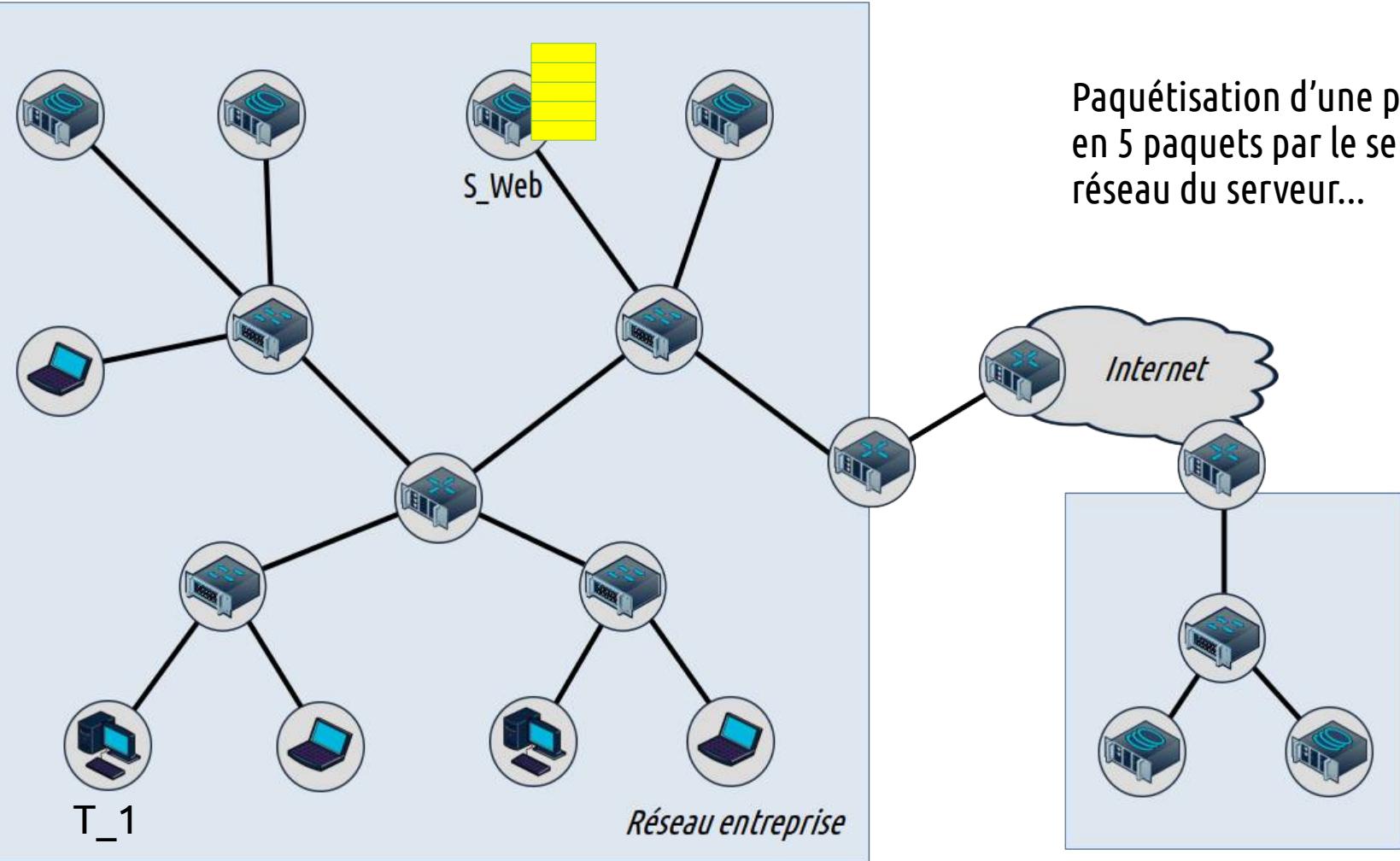
Réseau mode paquet

Acheminement



Réseau mode paquet

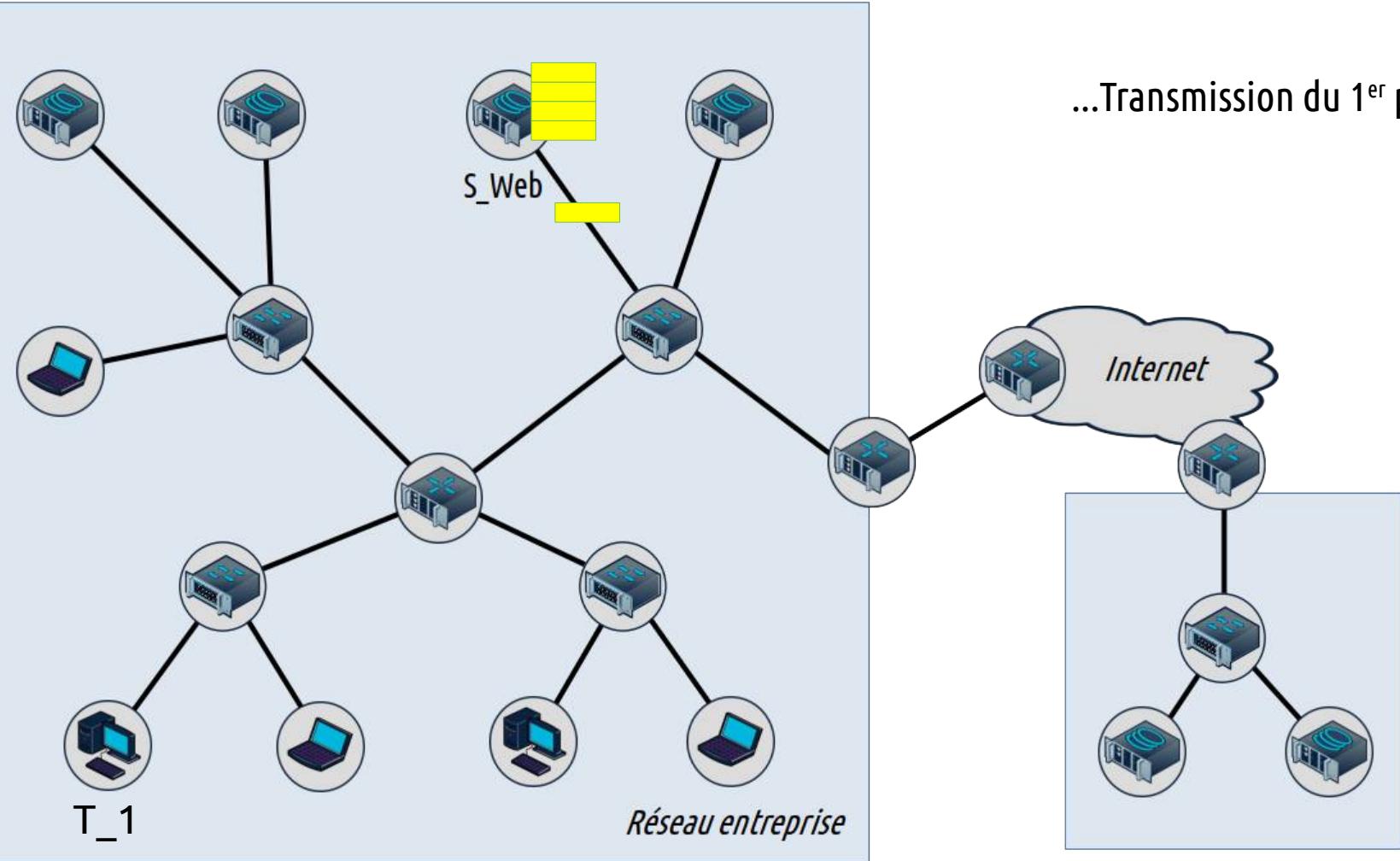
Acheminement



Paquétisation d'une page Web
en 5 paquets par le service
réseau du serveur...

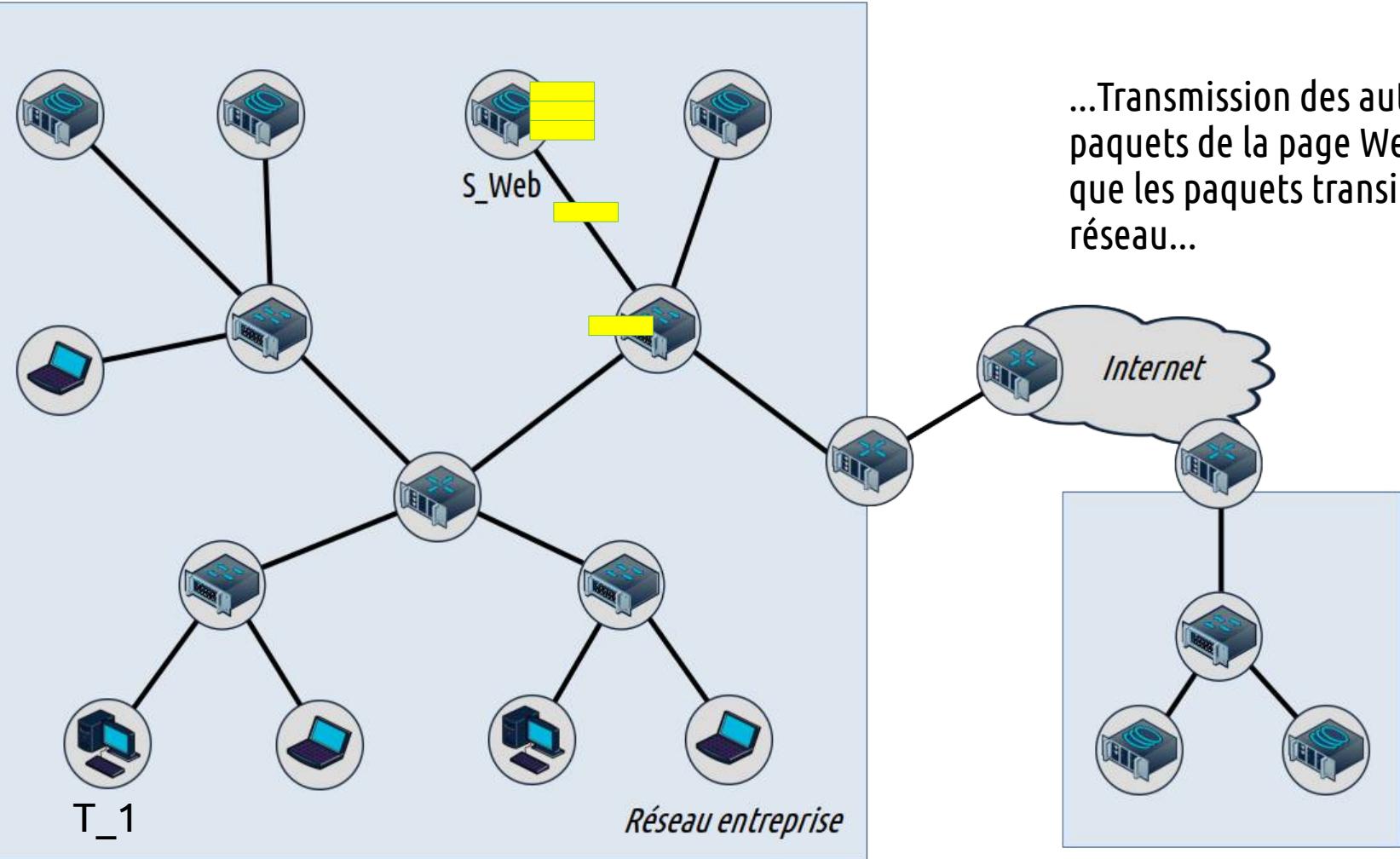
Réseau mode paquet

Acheminement



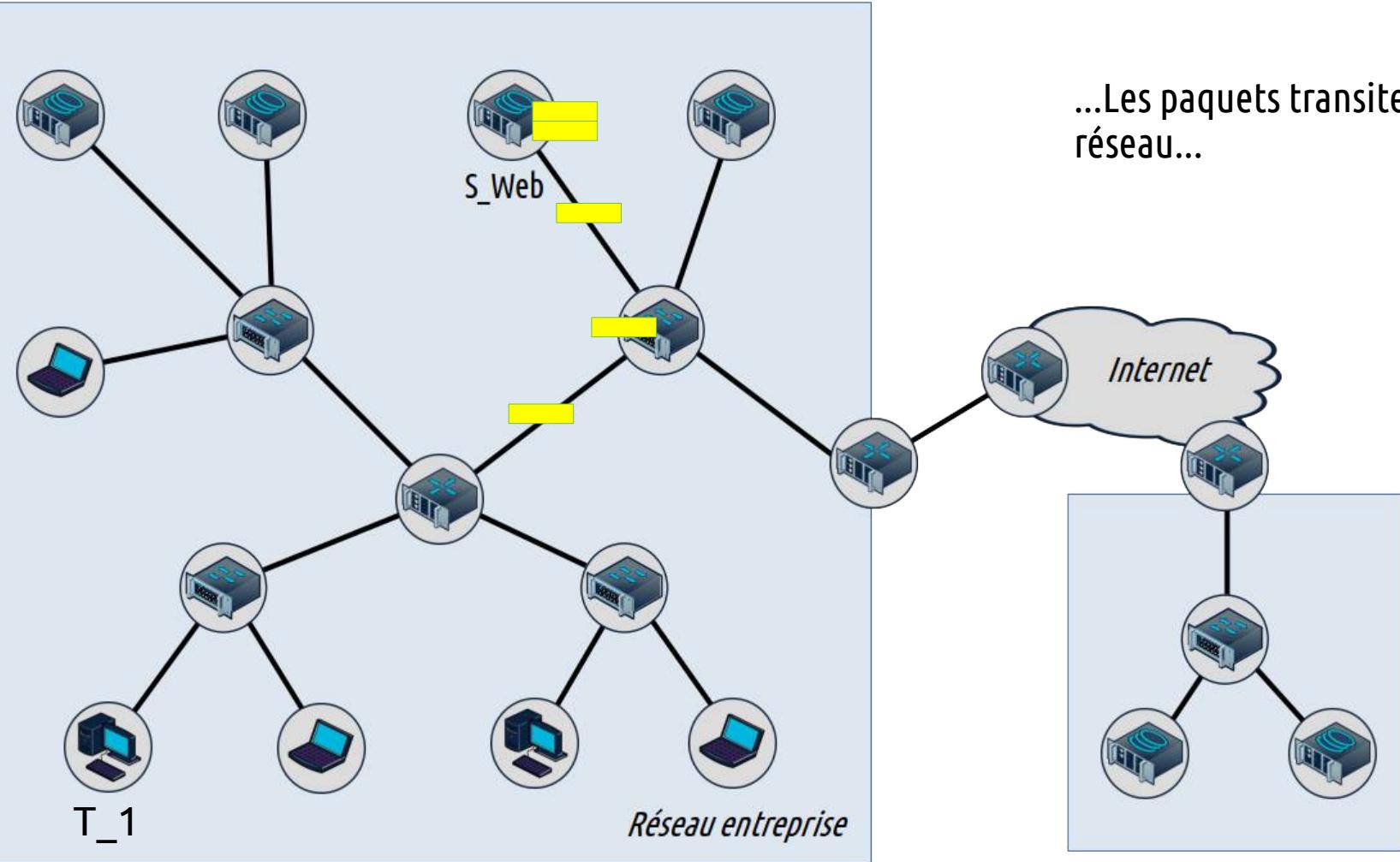
Réseau mode paquet

Acheminement



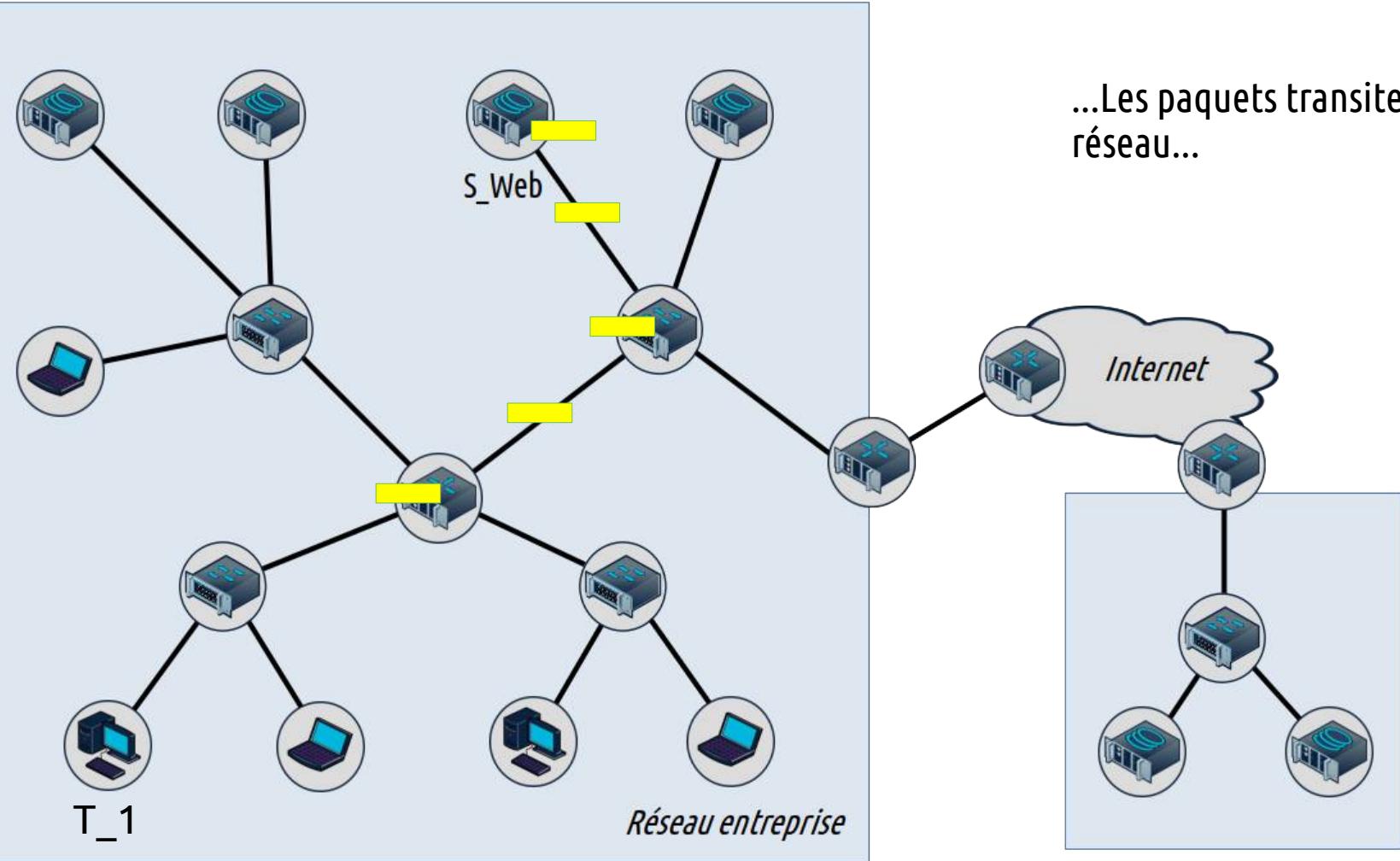
Réseau mode paquet

Acheminement



Réseau mode paquet

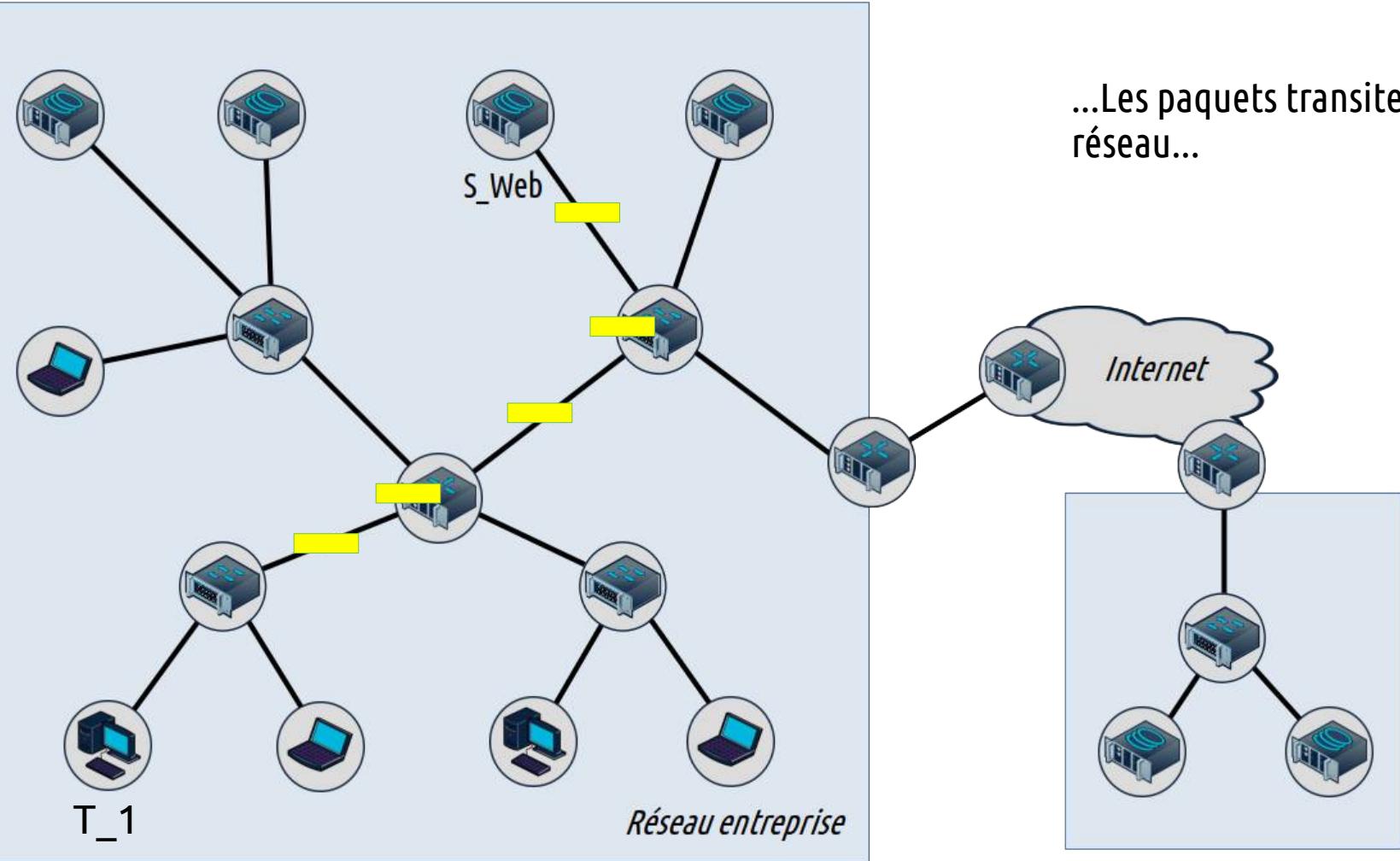
Acheminement



...Les paquets transitent sur le réseau...

Réseau mode paquet

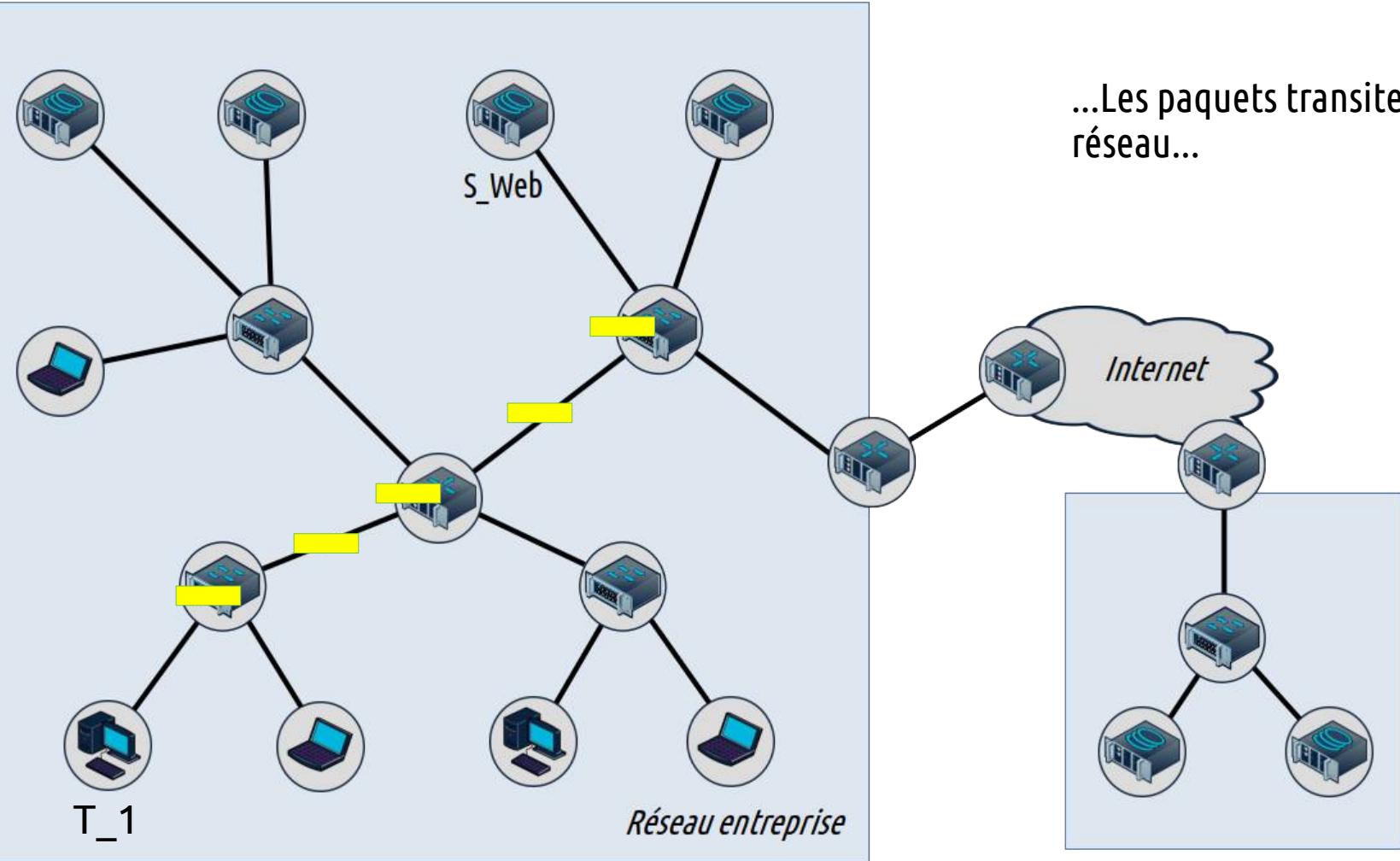
Acheminement



...Les paquets transitent sur le réseau...

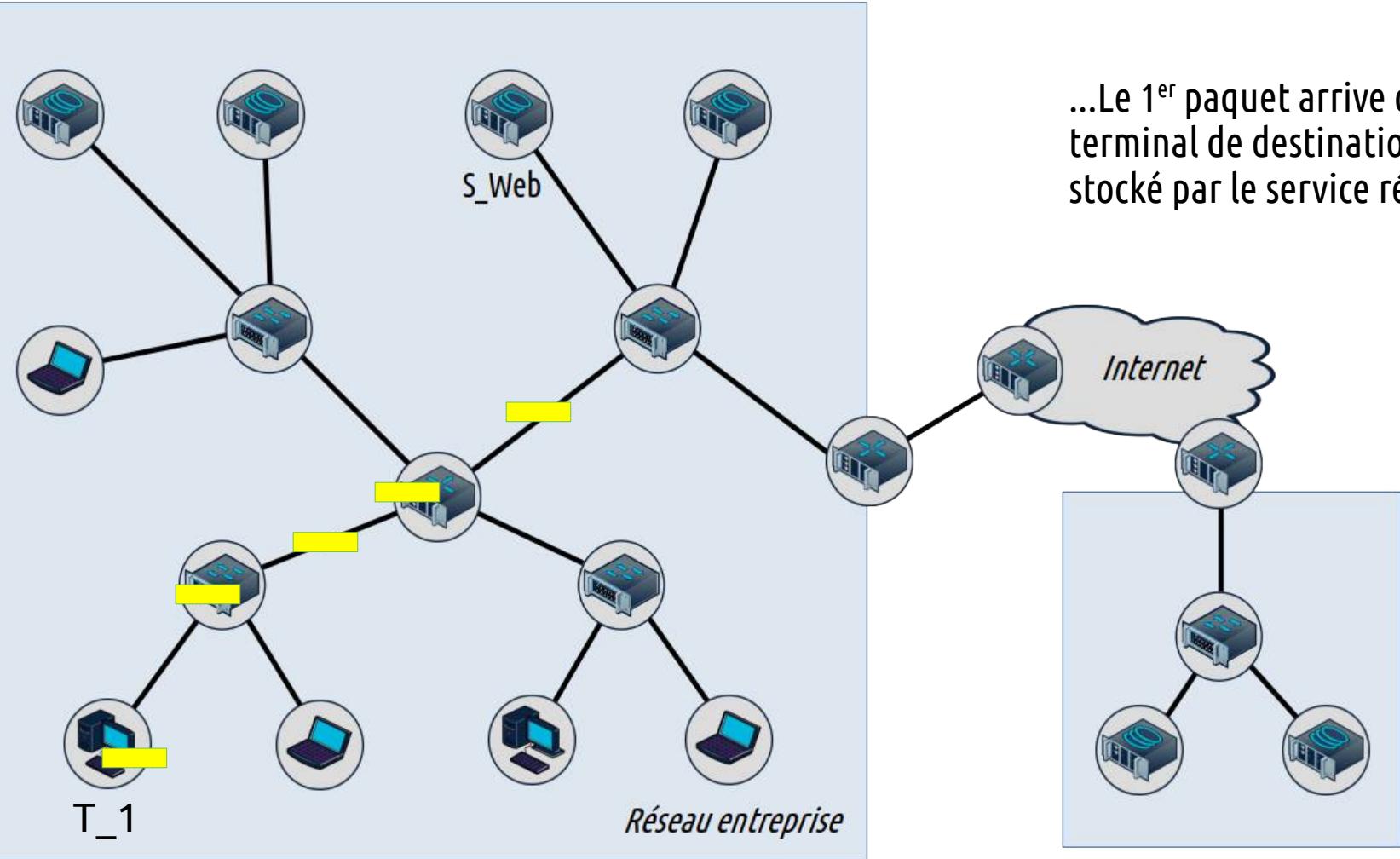
Réseau mode paquet

Acheminement



Réseau mode paquet

Acheminement

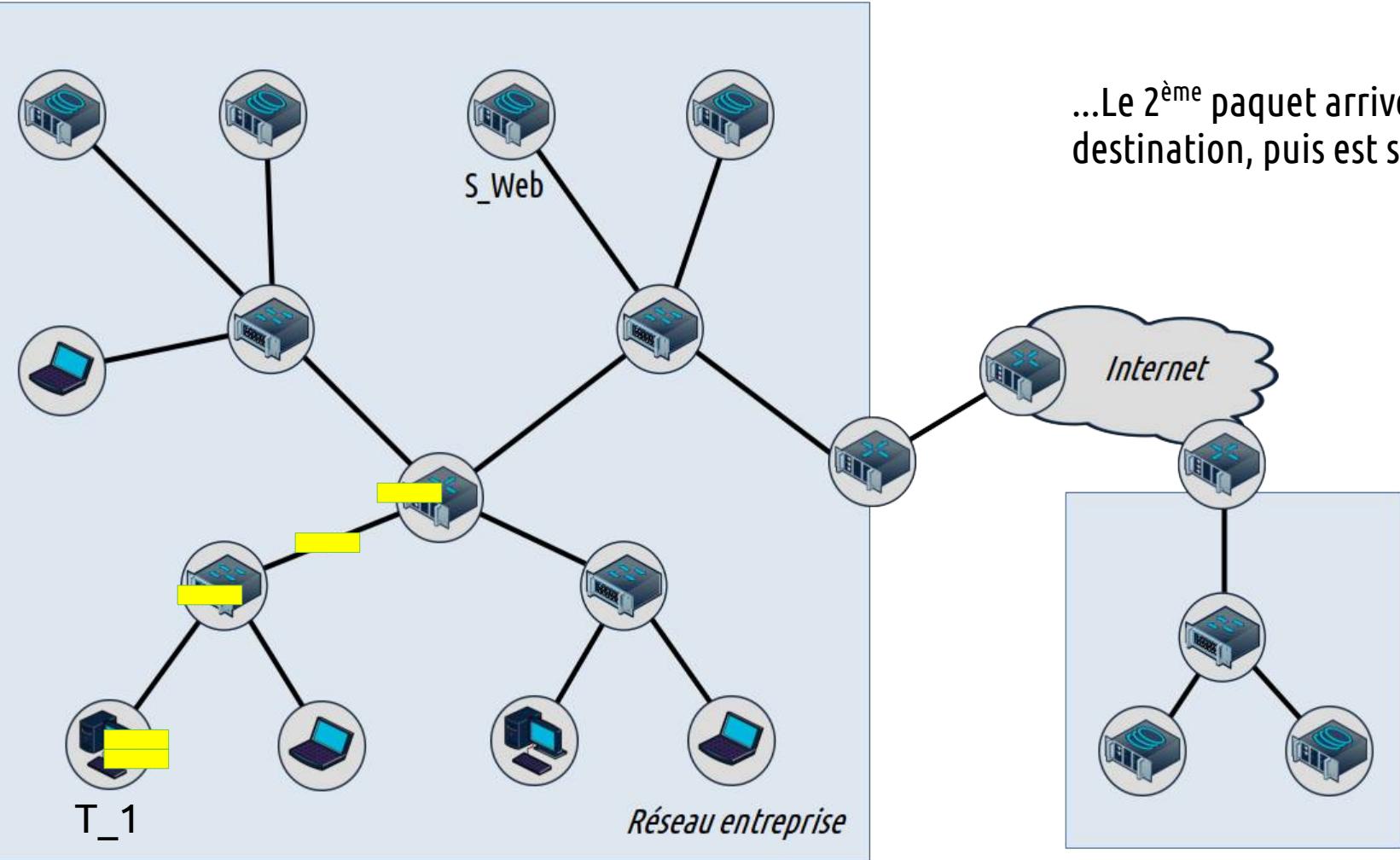


...Le 1^{er} paquet arrive dans le terminal de destination, où il est stocké par le service réseau...

Réseau mode paquet

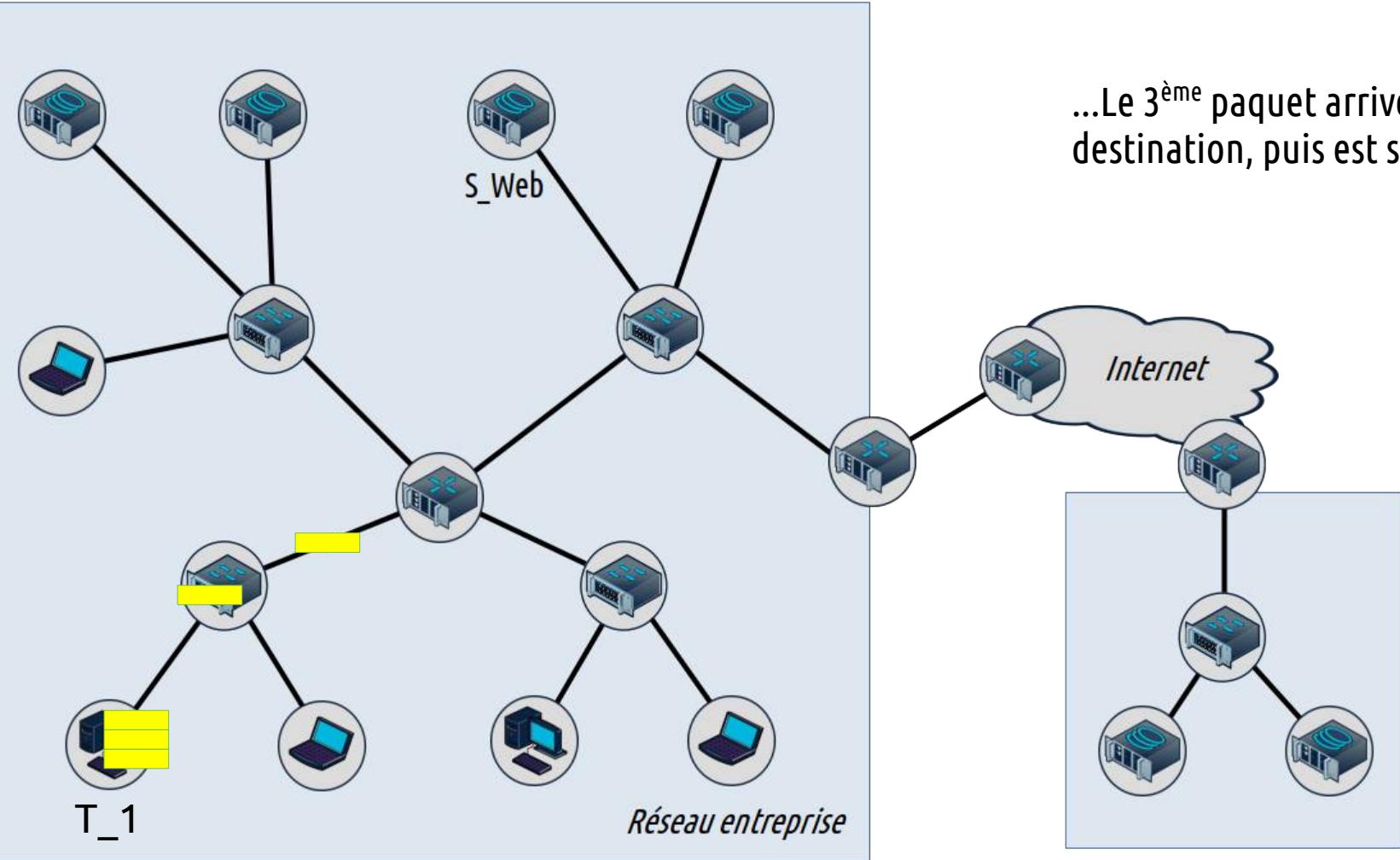
34

Acheminement



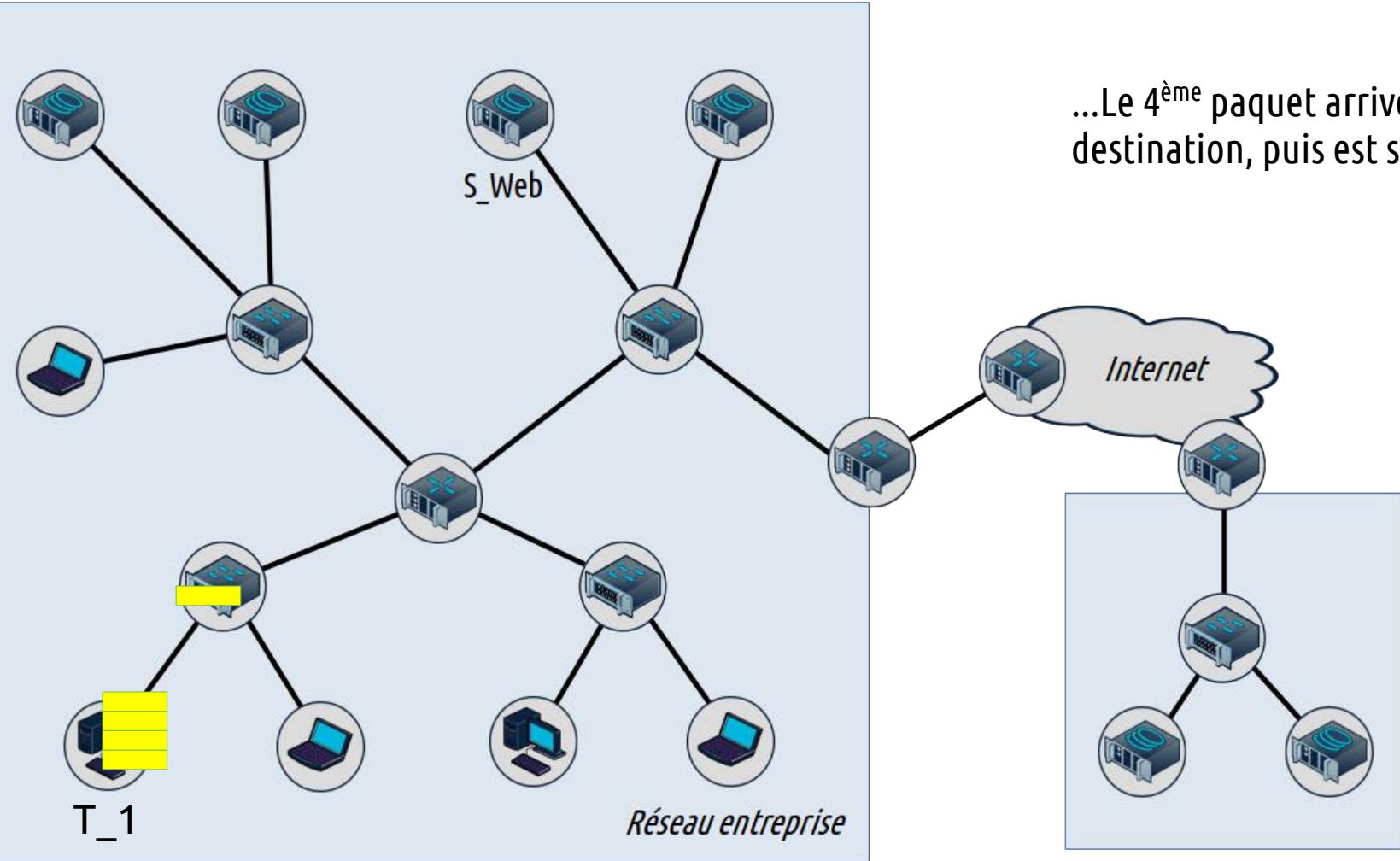
Réseau mode paquet

Acheminement



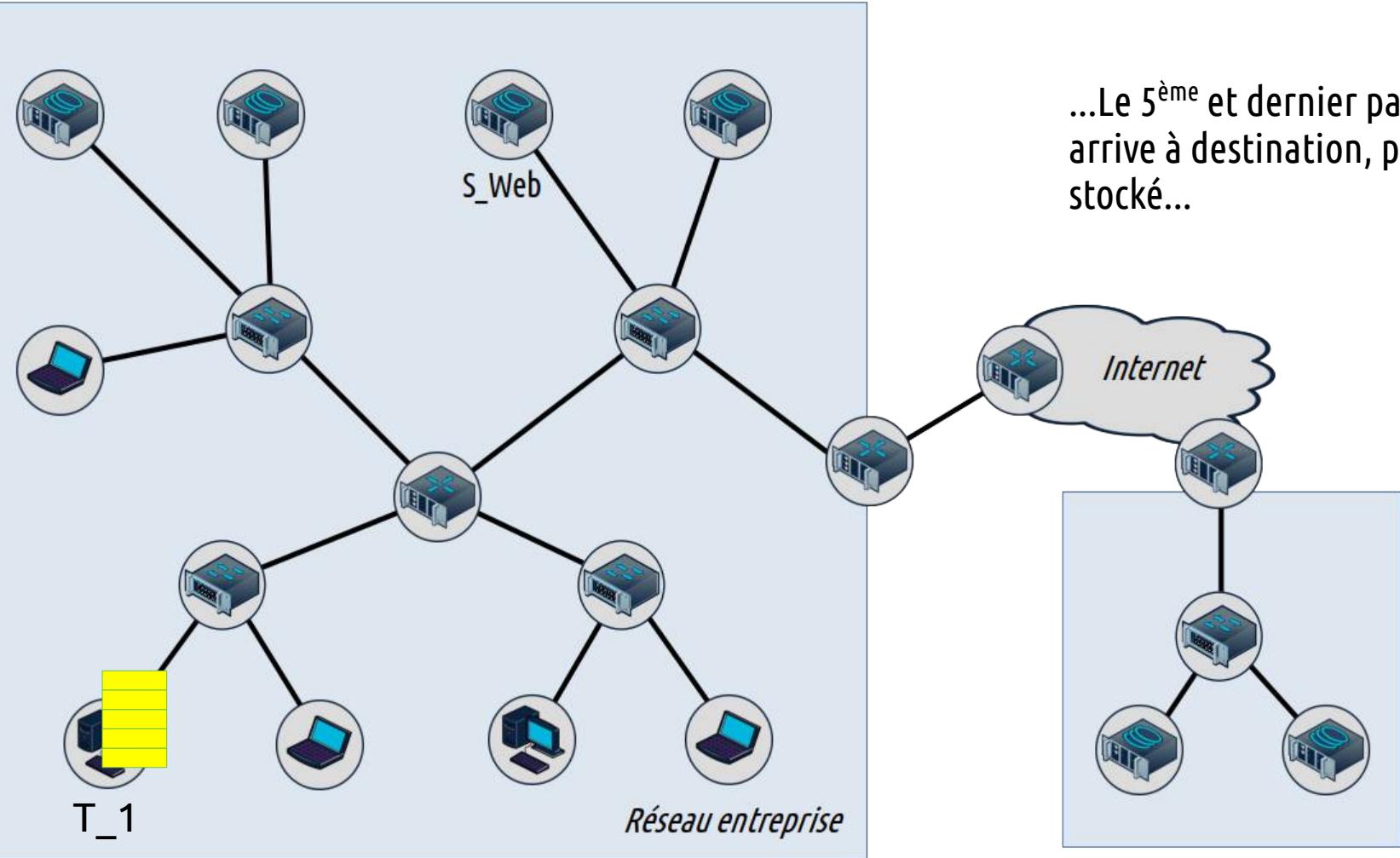
Réseau mode paquet

Acheminement



Réseau mode paquet

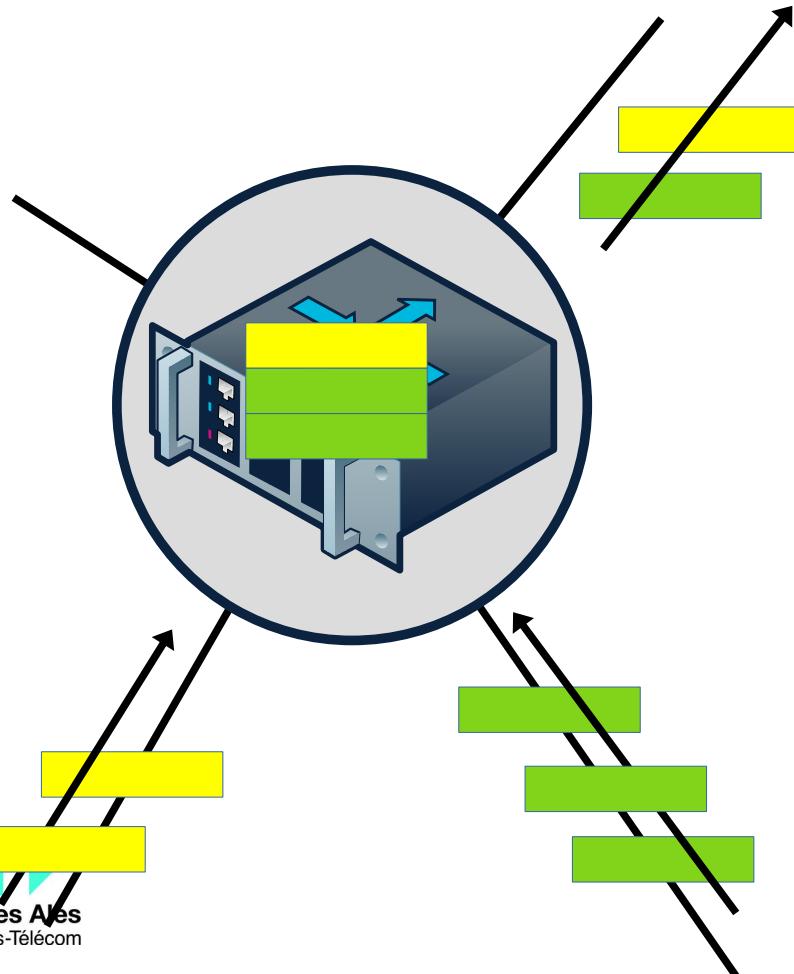
Acheminement



Réseau mode paquet

Multiplexage

38

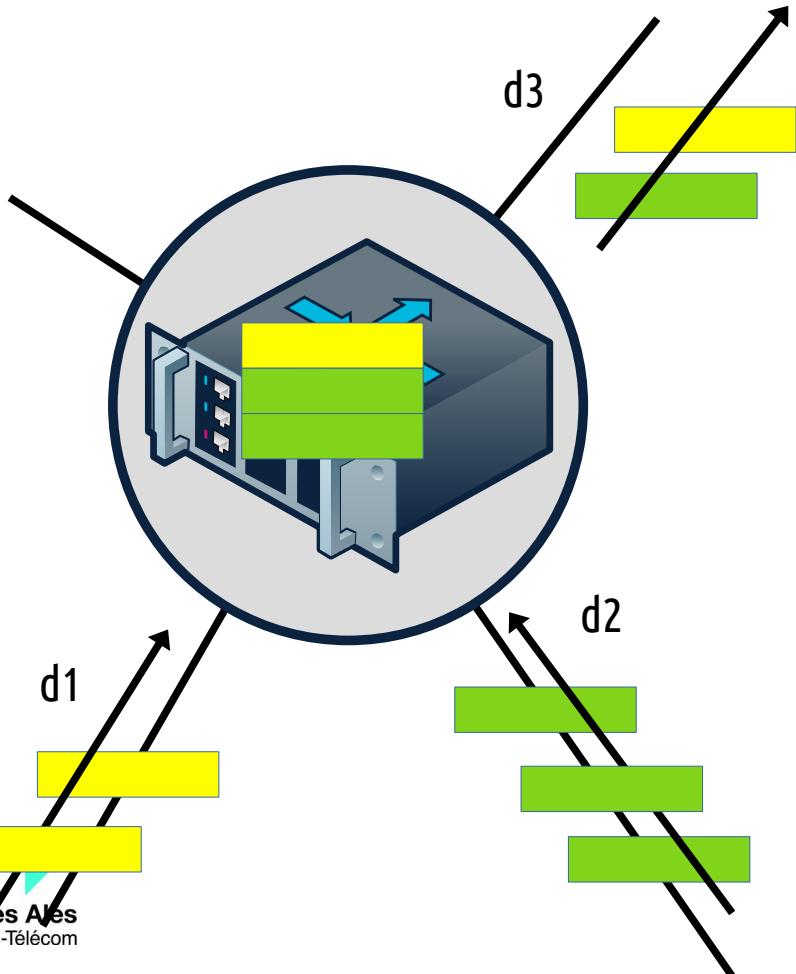


- ▶ Les paquets de différentes communications utilisent les mêmes équipements et les mêmes médium de communication (câble cuivre, fibre optique, canal radio...)
- ▶ Permet de transporter des informations de natures différentes (audio, texte...) à moindre coût

Réseau mode paquet

Inconvénient du mode paquet

39

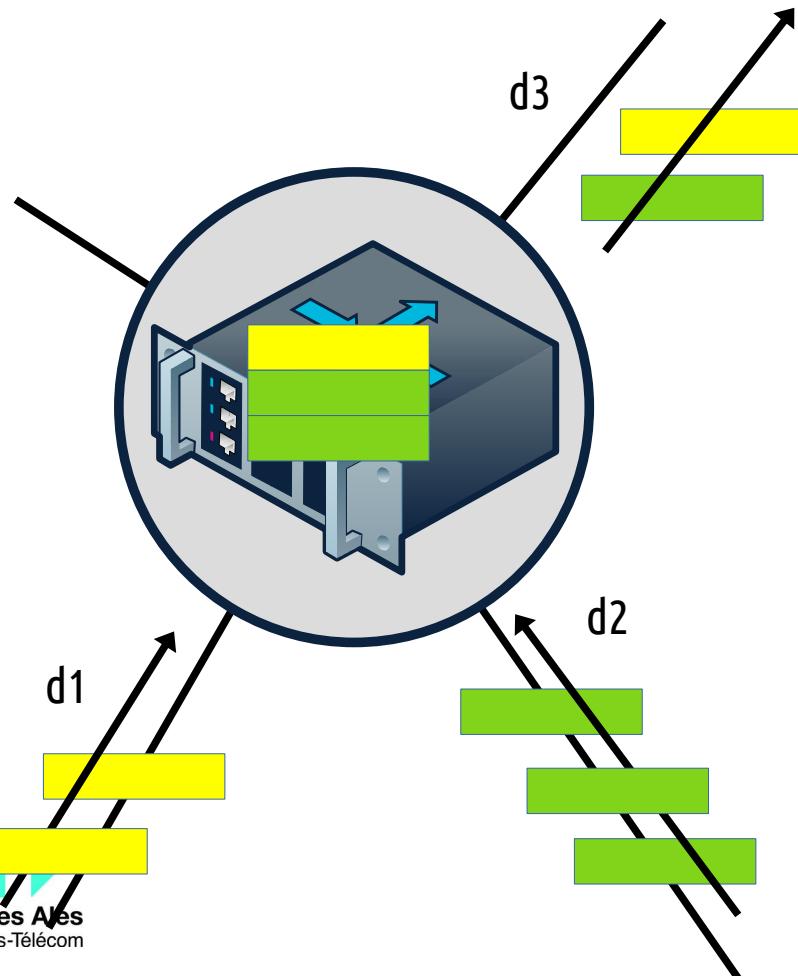


- ▶ Une interface réseau est caractérisée par un débit de traitement
- ▶ Si la somme des débits entrants est supérieure au débit sortant ($d_1+d_2 > d_3$), les paquets sont stockés en mémoire dans l'équipement → congestion

Réseau mode paquet

40

Inconvénient du mode paquet

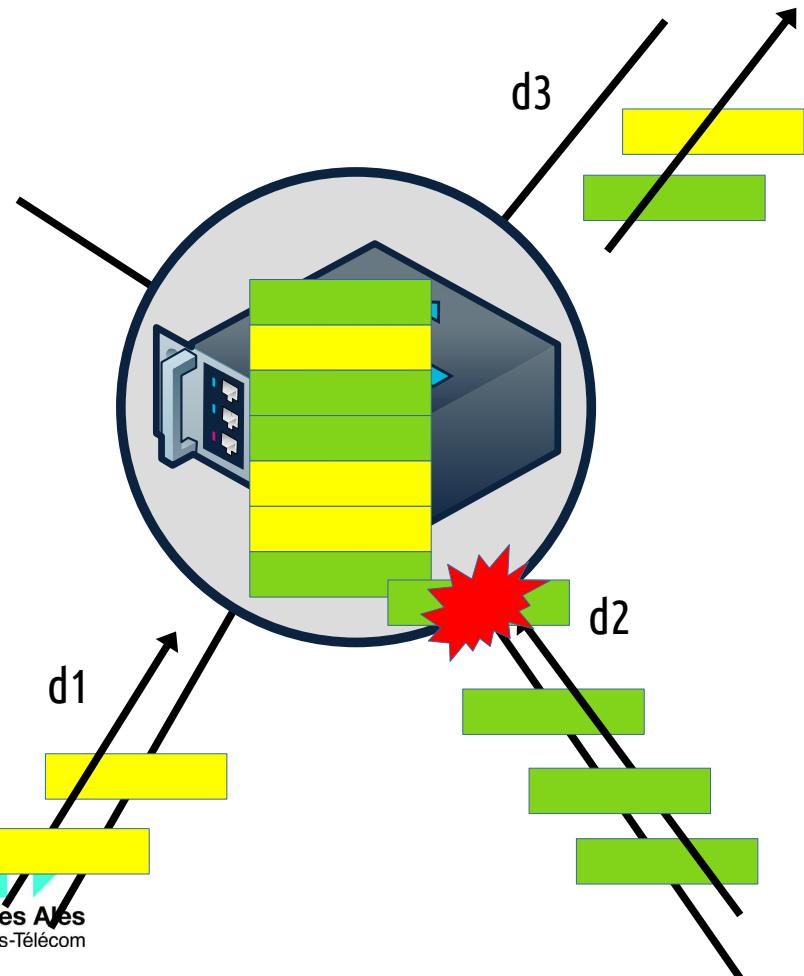


- ▶ Le stockage des paquets augmente les délais de transfert, et les délais de transfert ne sont pas constant

Réseau mode paquet

41

Inconvénient du mode paquet



- ▶ La taille de la mémoire est limitée
→ le stockage n'est pas illimité
- ▶ Si la congestion perdure, les paquets sont détruits → la congestion est la principale cause de perte de paquets dans Internet

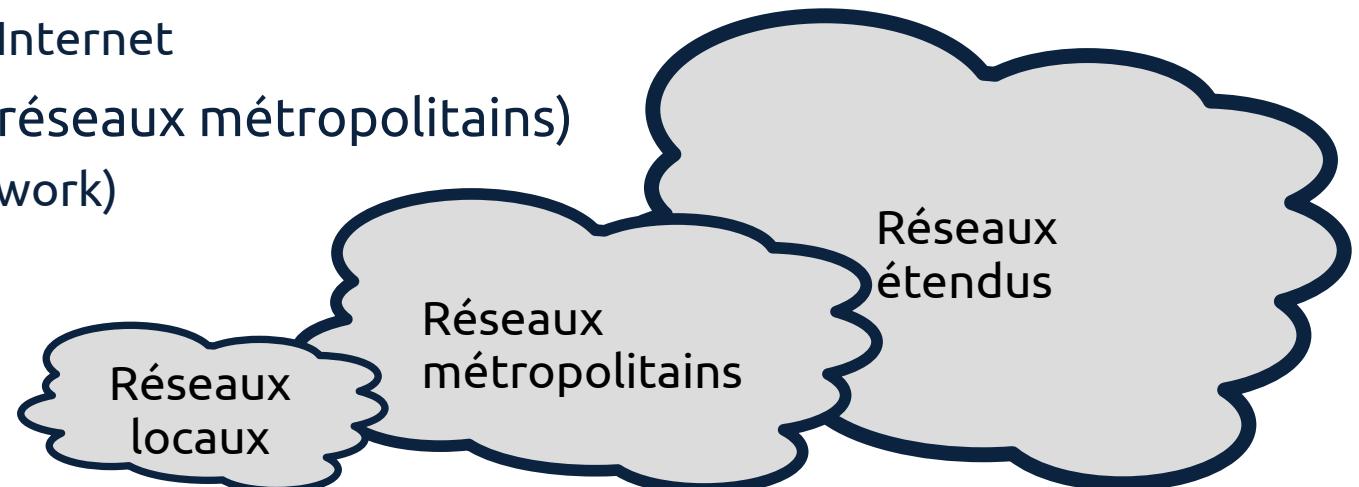
Internet

- ▶ Réseau de communication informatique mondial en mode paquet
- ▶ Dates importantes
 - 1960 : création du réseau ARPANET, 1^{er} réseau en mode paquet, financé par l'armée américaine
 - 1970 : ARPANET devient un réseau de recherche pour les universités
 - 1980 : ARPANET devient Internet
 - 1990 : Création du Web (World Wide Web) provoquant un engouement important pour Internet
 - 2000 : Internet n'est plus utilisé exclusivement par les centres de recherche, supplante tout les autres types de réseau informatique

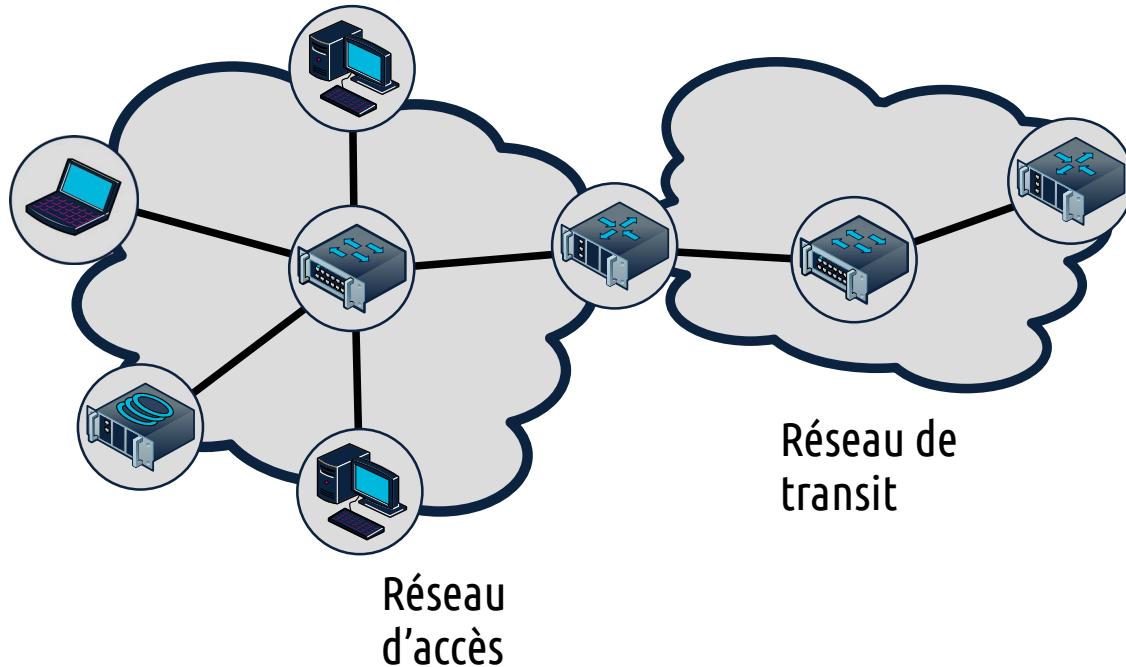
Interconnexion de réseau

► Internet interconnecte physiquement et logiquement (adressage) des réseaux de différentes natures

- Réseaux locaux
 - LAN (Local Area Network)
- Métropolitains (réseaux de réseaux locaux)
 - MAN (Metropolitan Area Network)
 - Fournisseurs d'accès Internet
- Étendus (réseaux de réseaux métropolitains)
 - WAN (Wide Area Network)



Interconnexion de réseau



Équipements réseaux



Routeur



Commutateur Ethernet



Serveur

Équipements terminaux



Ordinateur personnel (fixe)



Ordinateur personnel (portable)

Interconnexion de réseau

► Réseau d'accès

- Réseau (bas niveau) dédié à l'interconnexion d'équipements terminaux
- Commutateur Ethernet, point d'accès wifi...
- Au moins un routeur pour relier le réseau à Internet (les routeurs délimitent physiquement le réseau d'accès)

► Réseau de transit

- Réseau dédié à l'interconnexion de routeurs

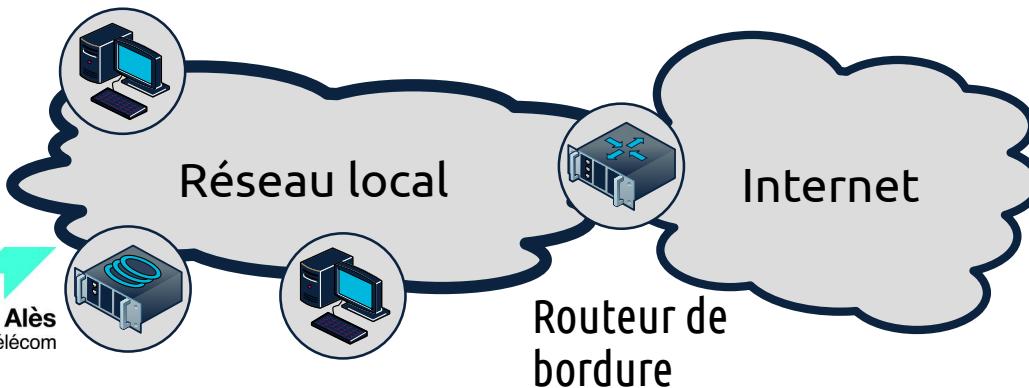
► Routeur

- Équipement réseau dédié à l'interconnexion de réseau d'accès ou de transit

Réseau local

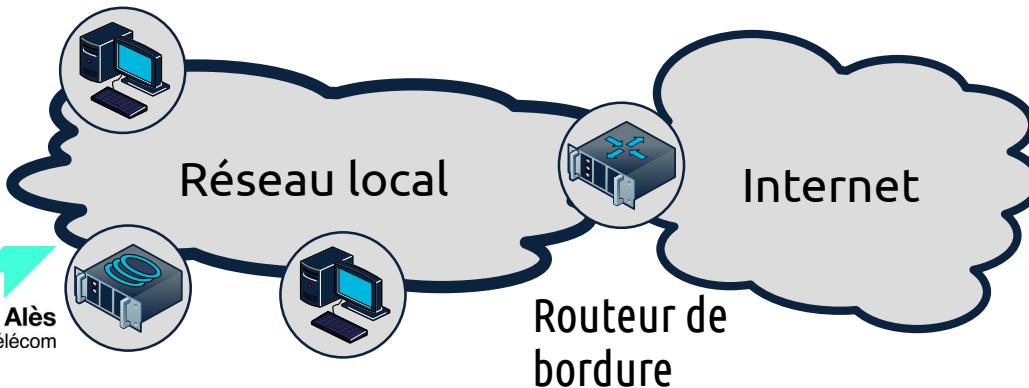
► Réseau privé

- Ensemble de réseaux d'accès et de transit délimités par un ou plusieurs routeurs de bordure
- Généralement de petite taille et associé à un site, ou une entité administrative
 - Un particulier (localisé sur un unique site de taille restreinte) ou TPE
 - Une PME, GE ou campus (localisé sur un ou plusieurs sites)



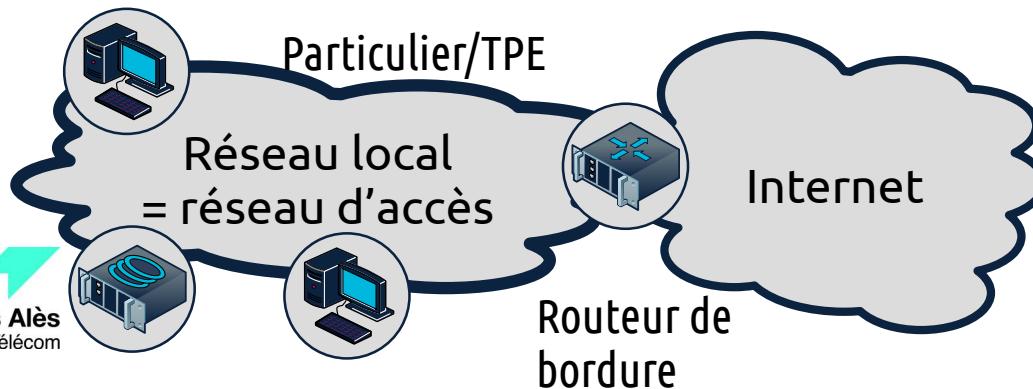
► La délimitation par le routeur de bordure permet

- d'optimiser les communications (débit, perte de paquet...) entre les équipements terminaux du réseau local
- de sécuriser physiquement les communications contre des attaques externes provenant d'Internet (pare-feu)

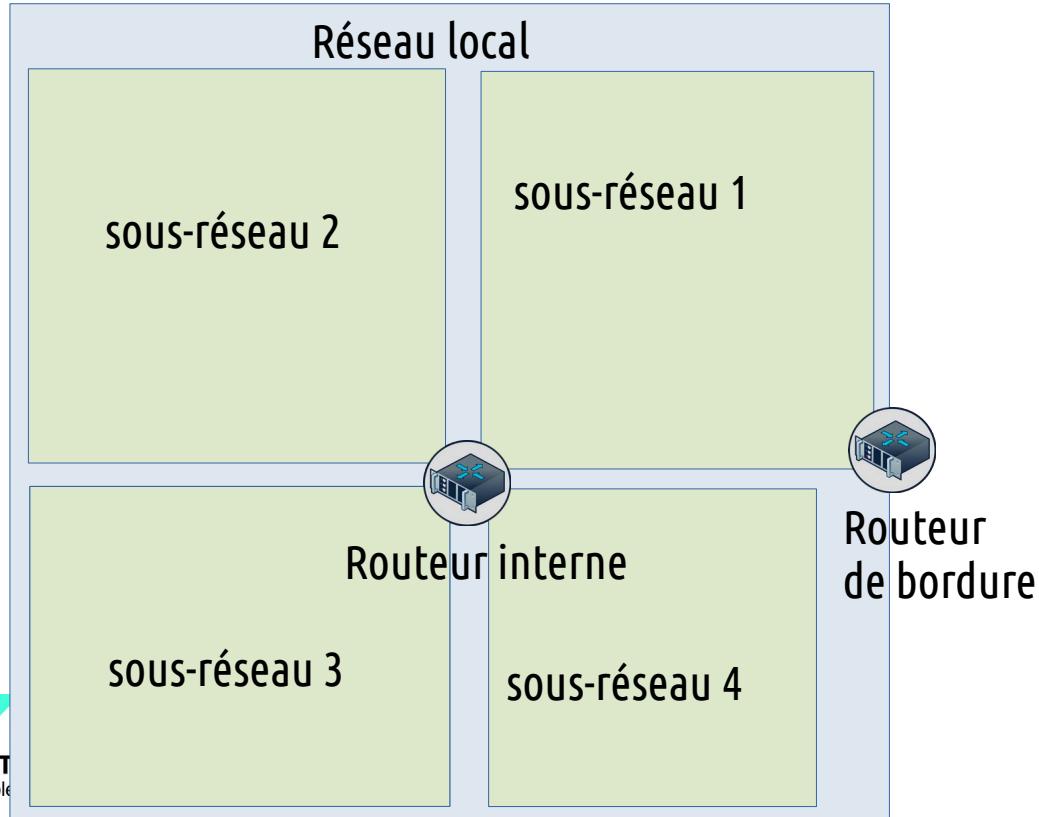


Réseau local

- ▶ Pour un particulier ou une TPE, le réseau local est un réseau d'accès
- ▶ Pour une grande entreprise, le réseau local doit être décomposé en plusieurs sous-réseaux (accès ou transit)

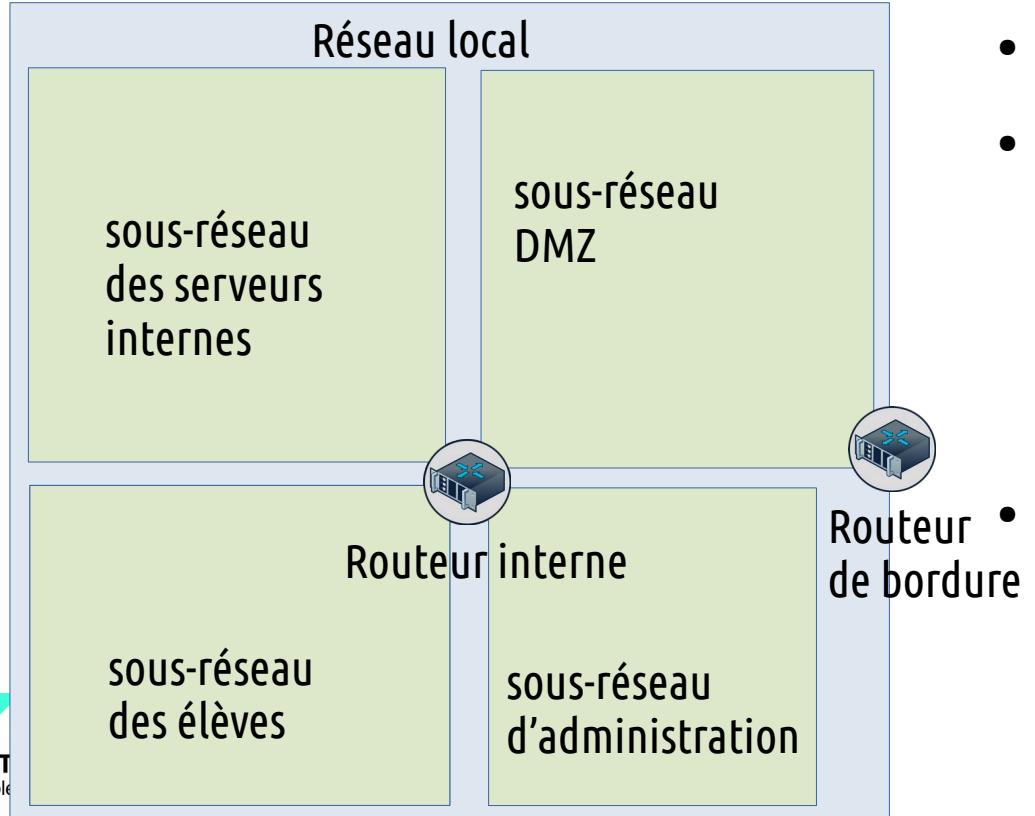


► Décomposition en sous-réseaux (PME, GE ou Campus)



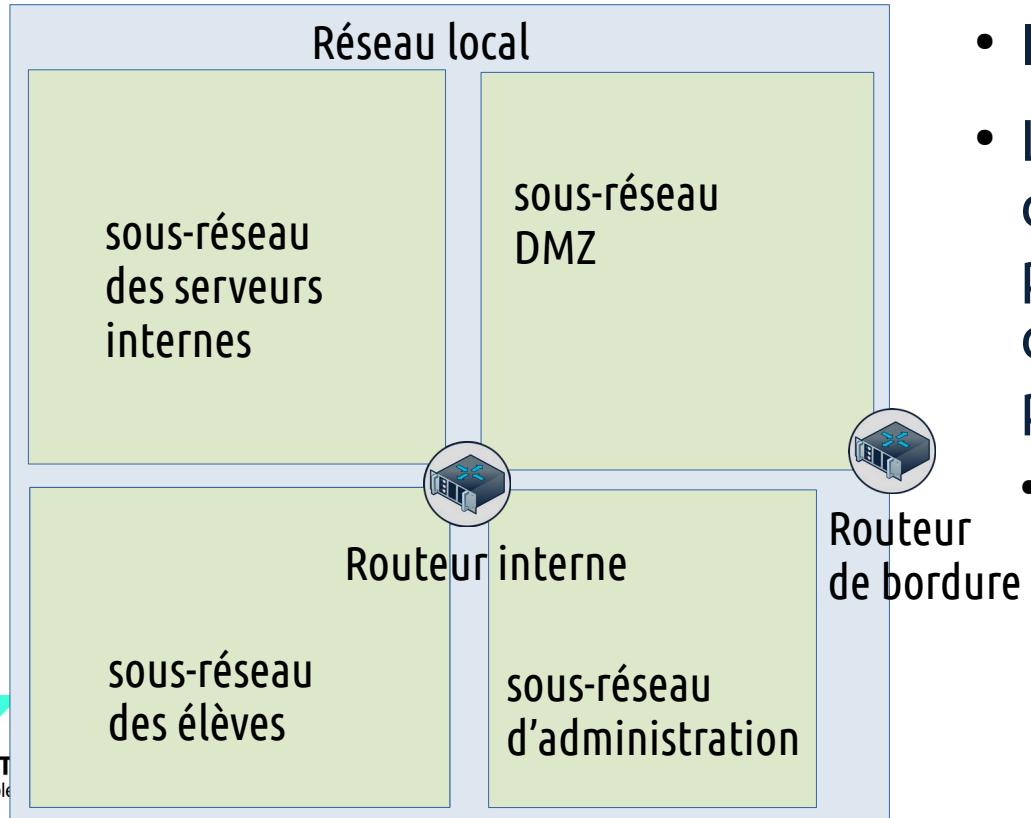
- Les sous-réseaux sont
 - délimités par un ou plusieurs routeurs internes
 - des réseaux d'accès ou des réseaux de transit
- Le routeur interne isole les différents sous-réseaux

► L'isolation permet de sécuriser les échanges internes aux sous-réseaux (2^{ème} niveau de protection)



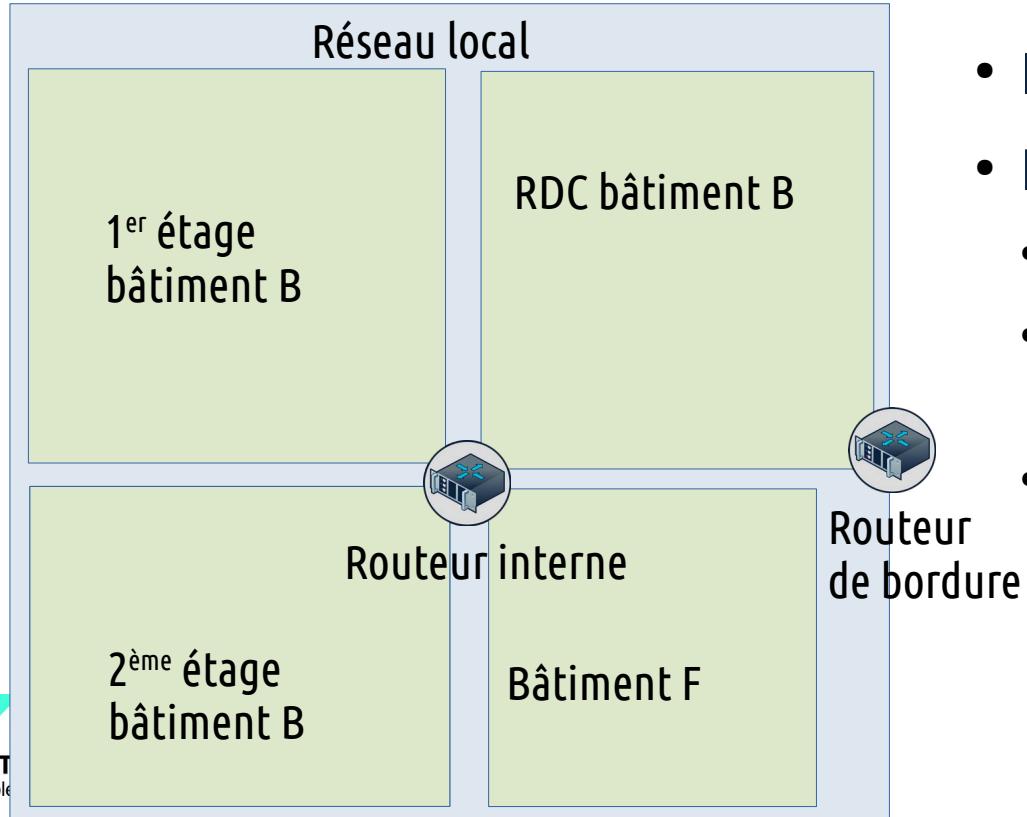
- Isolation des utilisateurs
- Les sous-réseaux des élèves et d'administration ont les mêmes objectifs fonctionnels
- fournir un accès Internet à des utilisateurs
- Mais les échanges entre administrateurs doivent être protégés

► L'isolation permet de spécialiser les sous-réseaux



- Isolation fonctionnelle
- Le sous-réseau DMZ (Zone démilitarisée) nécessite un débit plus important que le sous-réseau des élèves et plus robuste au panne
 - donc pas de réseau WiFi

- ▶ L'isolation permet d'améliorer les performances du réseau, et le coût d'installation



- Isolation géographique
- La taille des réseaux est diminuée
 - plus performant
 - nécessite moins de câble, donc moins coûteux
 - ... mais, moins sécurisé

- ▶ Le réseau local d'IMT Mines Alès contient de nombreux sous-réseaux
 - Les réseaux filaires
 - Salles de cours
 - Bureaux
 - ...
 - Les réseaux WiFi
 - EMA pour tous le personnel de l'école et les élèves
 - EMAINT pour le personnel de l'école
 - EMAVISITEUR pour les visiteurs
 - ...

Adressage IP de réseau

- ▶ Une adresse de réseau permet d'identifier et de localiser un réseau dans Internet
- ▶ Deux versions
 - IPv4
 - Version la plus couramment utilisée
 - Problème important de pénurie (codage sur 4 octets)
 - IPv6
 - Fonctionnement très similaire à IPv4
 - Version de remplacement d'IPv4 pour pallier au problème de pénurie (codage sur 16 octets), mais encore très peu utilisée
 - 4 milliard d'adresse au m² sur terre

Adressage IP de réseau

► Une adresse IP de réseau

- est codée sur 4 octets (32 bits) sous la forme décimale x.x.x.x ($0 \leq x \leq 255$)
- associé à un préfixe ou un masque
 - permet de décomposer l'adresse en deux parties
 - préfixe = nombre de bits à 1

		Représentation binaire de 159.31.0.0/16			
		1 ^{er} octet	2 ^{ème} octet	3 ^{ème} octet	4 ^{ème} octet
Adresse réseau	159.31.0.0	1001 1111	0001 1111	0000 0000	0000 0000
Masque	255.255.0.0	1111 1111	1111 1111	0000 0000	0000 0000
Préfixe	16				

Adressage IP de réseau

- Le réseau local d'IMT Mines Alès est 159.31.0.0/16
- Le réseau d'accès WiFi EMA est 159.31.64.0/20

		Représentation binaire de 159.31.0.0/16 – réseau local			
		1 ^{er} octet	2 ^{ème} octet	3 ^{ème} octet	4 ^{ème} octet
Adresse réseau	159.31.0.0	1001 1111	0001 1111	0000 0000	0000 0000
Masque	255.255.0.0				
Préfixe	16	1111 1111	1111 1111	0000 0000	0000 0000

		Représentation binaire de 159.31.64.0/20 – réseau d'accès EMA			
		1 ^{er} octet	2 ^{ème} octet	3 ^{ème} octet	4 ^{ème} octet
Adresse réseau	159.31.64.0	1001 1111	0001 1111	0100 0000	0000 0000
Masque	255.255.240.0				
Préfixe	20	1111 1111	1111 1111	1111 0000	0000 0000

Adressage IP de réseau

- ▶ $159.31.64.0/16 = 159.31.0.0/16$
- ▶ L'adresse du réseau d'accès WiFi EMA (159.31.64.0/20) est incluse dans l'adresse du réseau local d'IMT Mines Alès (159.31.0.0/16)

a	b	a & b
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

		Représentation binaire			
		1 ^{er} octet	2 ^{ème} octet	3 ^{ème} octet	4 ^{ème} octet
Adresse réseau du réseau d'accès	159.31.64.0	1001 1111	0001 1111	0100 0000	0000 0000
Préfixe du réseau local	16	1111 1111	1111 1111	0000 0000	0000 0000
Adresse masquée		1001 1111	0001 1111	0000 0000	0000 0000

Internet

Adressage IP de réseau

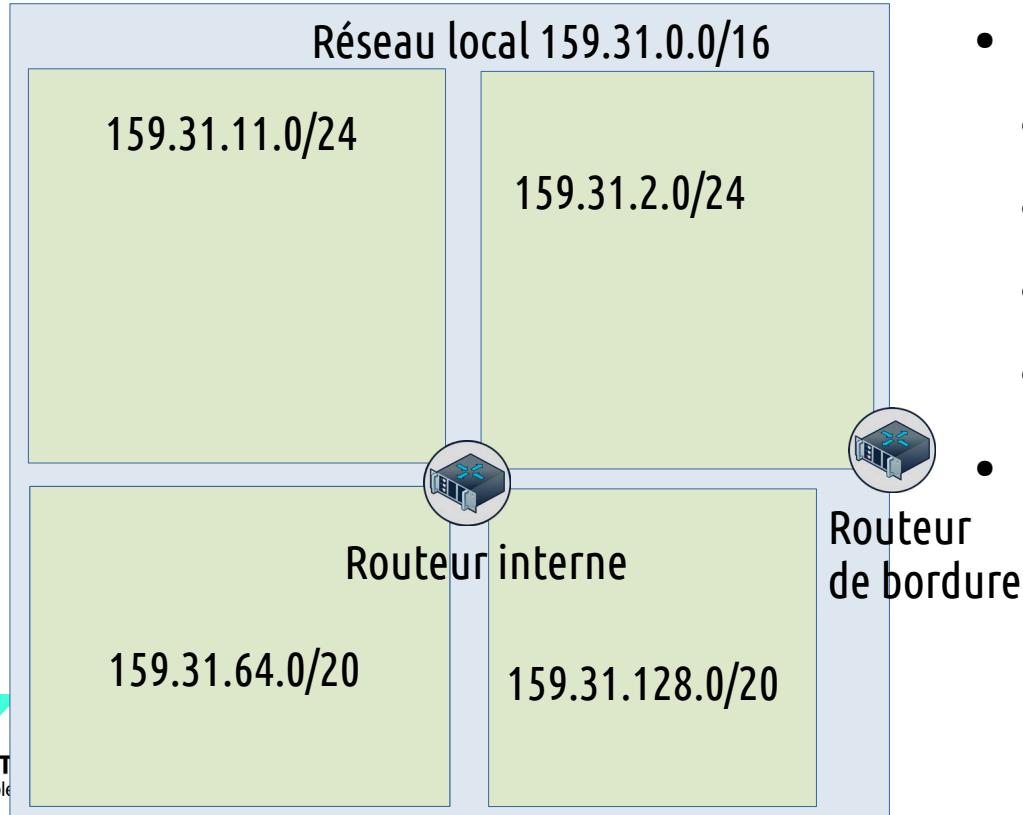
- ▶ $159.\underline{32}.64.0/16 = 159.\underline{32}.0.0/16 \neq 159.\underline{31}.0.0/16$
- ▶ L'adresse 159.32.64.0/20 n'est pas incluse dans l'adresse du réseau local d'IMT Mines Alès (159.31.0.0/16)

a	b	a & b
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

		Représentation binaire			
		1 ^{er} octet	2 ^{ème} octet	3 ^{ème} octet	4 ^{ème} octet
Adresse réseau du réseau d'accès	159.32.64.0	1001 1111	0001 0000	0100 0000	0000 0000
Préfixe du réseau local	16	1111 1111	1111 1111	0000 0000	0000 0000
Adresse masquée		1001 1111	0001 0000	0000 0000	0000 0000

Réseau hiérarchique

► Les adresses réseaux sont hiérarchiques



- Le réseau 159.31.0.0/16 contient
 - 159.31.11.0/24
 - 159.31.2.0/24
 - 159.31.64.0/20
 - 159.31.128.0/20
- Les adresses des sous-réseaux sont contiguës (pas de chevauchement)

Les routeurs et les équipements terminaux

-
- ▶ Le routeur de bordure interconnecte le réseau local au réseau métropolitain (Fournisseur d'accès Internet)
- ▶ Le routeur de cœur interconnecte les réseaux d'accès
- ▶ Équipement constitué de plusieurs interfaces Ethernet
 - Généralement, 2 à 4 ports (mais peut atteindre 400 ports)
 - Généralement des ports ARJ45 pour de la paire torsadée
 - Mais, aussi des ports pour de la fibre optique
 - Et plus rarement un port WiFi



Le coût

- ▶ De 150 à 250000€ dépendant
 - Du nombre et du type de ports de communication
 - De sa robustesse aux pannes
 - De sa capacité de services rendus
 - De sa capacité à être mis en rack dans une baie
 - ...

Les équipements terminaux

64

- ▶ Tous les équipements disposés en périphérie des réseaux et connectés à un réseau d'accès
- ▶ Ordinateur personnel
 - par nature versatile, et de faible puissance de calcul
 - Ordinateur fixe
 - 1 interface réseau (Ethernet cuivre)
 - Ordinateur mobile
 - 3 interfaces réseaux (Ethernet cuivre, WiFi, bluetooth)



► Serveur

- par nature stable et avec une forte puissance de calcul
- fournit un ou plusieurs services applicatifs (Web, messagerie...) à l'ensemble des ordinateurs/utilisateurs
- La notion de stabilité est importante, un serveur instable c'est un ensemble de services non disponibles
- 1 à 2 interfaces réseaux
 - Pas de WiFi car pas suffisamment stable et sécurisé
 - Généralement, Ethernet avec fibre optique (débit et robustesse)

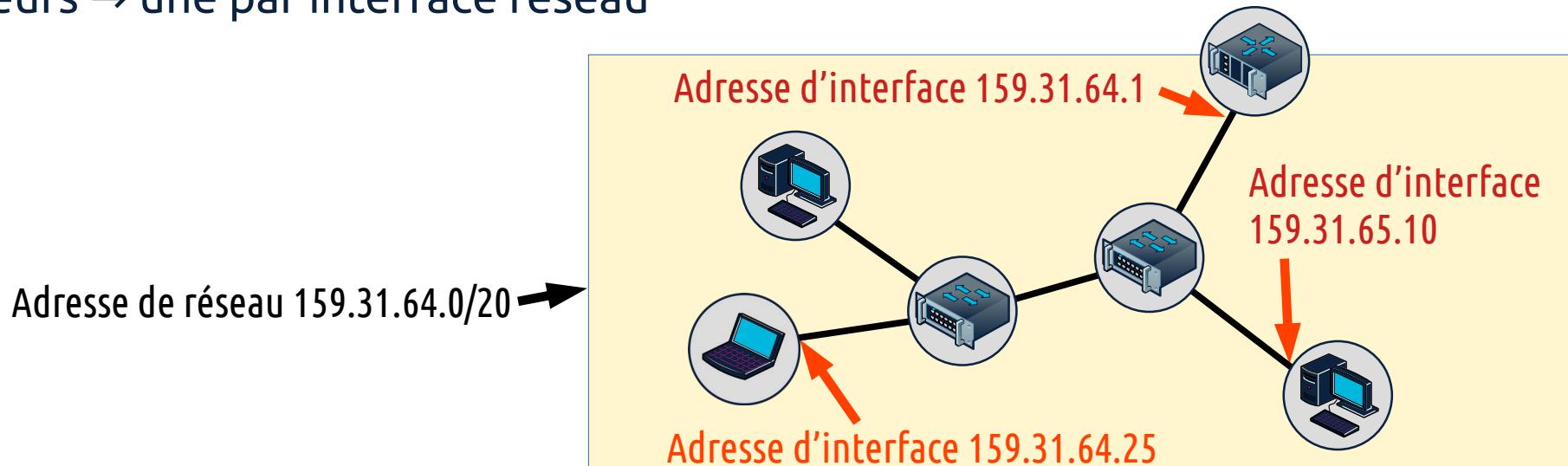


Les équipements terminaux et les routeurs

66

Adressage IP des interfaces

- ▶ Une adresse d'interface identifie et localise une interface réseau
 - Nécessaire à l'acheminement des paquets dans le réseau pour identifier et localiser le ou les destinataires d'un paquet
- ▶ Dire d'un ordinateur a une adresse IP est un abus de langage, en fait il en a plusieurs → une par interface réseau



Les équipements terminaux et les routeurs

67

Adressage IP des interfaces

- ▶ L'adresse d'interface 159.31.64.1 appartient au réseau 159.31.64.0/20
- ▶ L'interface appartient au réseau d'accès WiFi EMA

a	b	a & b
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

		Représentation binaire			
		1 ^{er} octet	2 ^{ème} octet	3 ^{ème} octet	4 ^{ème} octet
Adresse d'interface	159.31.64.1	1001 1111	0000 1111	0100 0000	0000 0001
Préfixe	20	1111 1111	1111 1111	1111 0000	0000 0000
Application du masque (& logique)					
Adresse réseau	159.31.64.0	1001 1111	0000 1111	0100 0000	0000 0000

Les équipements terminaux et les routeurs

68

Adressage IP des interfaces

- ▶ L'adresse d'interface 159.31.72.10 appartient au réseau 159.31.64.0/20
- ▶ L'interface appartient au réseau d'accès WiFi EMA

a	b	a & b
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

		Représentation binaire			
		1 ^{er} octet	2 ^{ème} octet	3 ^{ème} octet	4 ^{ème} octet
Adresse d'interface	159.31.72.10	1001 1111	0000 1111	0100 1000	0000 1010
Préfixe	20	1111 1111	1111 1111	1111 0000	0000 0000
Application du masque (& logique)					
Adresse réseau	159.31.64.0	1001 1111	0000 1111	0100 0000	0000 0000

Les équipements terminaux et les routeurs

69

Adressage IP des interfaces

- ▶ L'adresse d'interface 159.31.80.10 n'appartient pas au réseau 159.31.64.0/20
- ▶ L'interface n'appartient pas au réseau d'accès WiFi EMA

a	b	a & b
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

		Représentation binaire			
		1 ^{er} octet	2 ^{ème} octet	3 ^{ème} octet	4 ^{ème} octet
Adresse d'interface	159.31.81.10	1001 1111	0000 1111	0101 0001	0000 1010
Préfixe	20	1111 1111	1111 1111	1111 0000	0000 0000
Application du masque (& logique)					
Adresse réseau	159.31.80.0	1001 1111	0000 1111	0101 0000	0000 0000

Les équipements terminaux et les routeurs

70

Configuration des interfaces réseaux

- ▶ Pour chaque interface réseau, il faut configurer 3 paramètres essentiels
 - Adresse IP de l'interface avec le préfixe réseau
 - Adresse IP du routeur qui dessert le réseau (passerelle)
 - Adresse IP du serveur DNS (Domain Names Server)
- ▶ Pour les routeurs et les serveurs les interfaces sont configurées manuellement (stabilité de l'adressage)
- ▶ Pour les ordinateurs personnels les interfaces peuvent être configurées automatiquement (pas de stabilité)

Les équipements terminaux et les routeurs

71

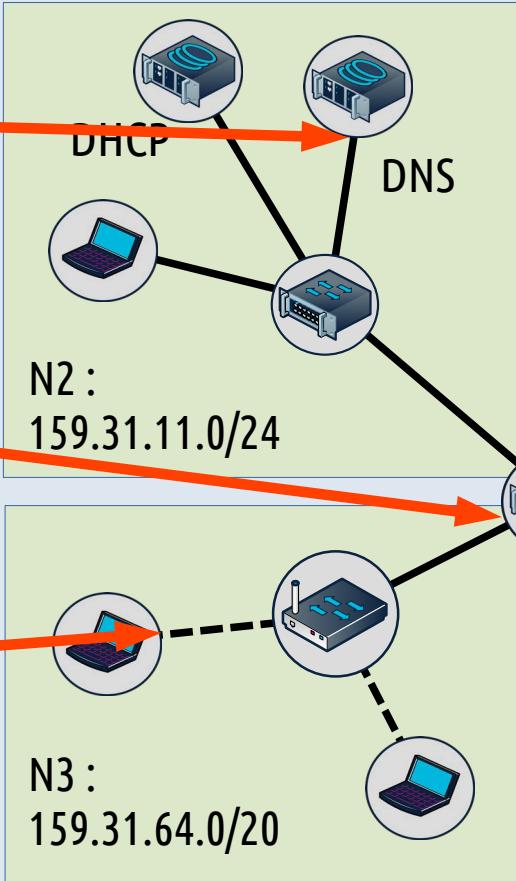
Configuration des interfaces réseaux

Adresse d'interface
159.31.11.5

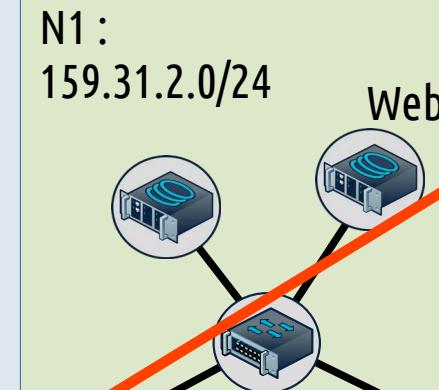
Adresse d'interface
159.31.11.6

Adresse d'interface
159.31.65.110

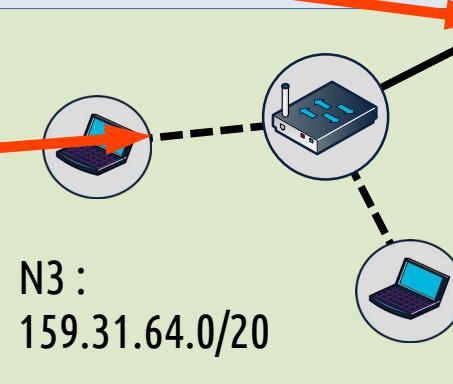
Réseau local 159.31.0.0/16



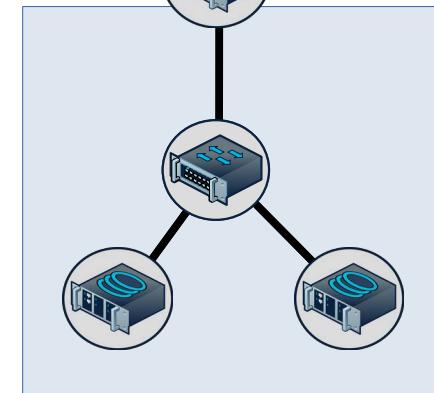
N1 :
159.31.2.0/24



Passerelle (routeur) pour les équipements terminaux du réseau N3



N4 :
159.31.128.0/20

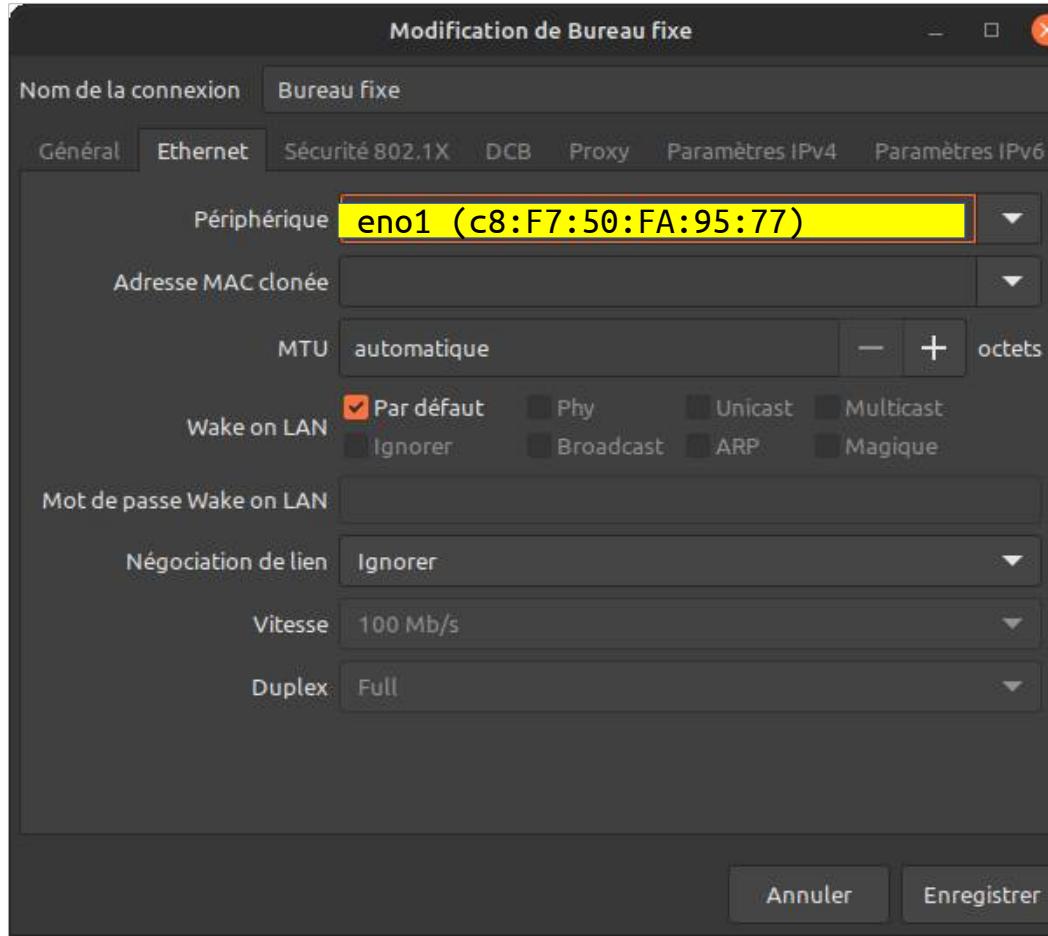


Internet

Les équipements terminaux et les routeurs

Configuration des interfaces réseaux

72



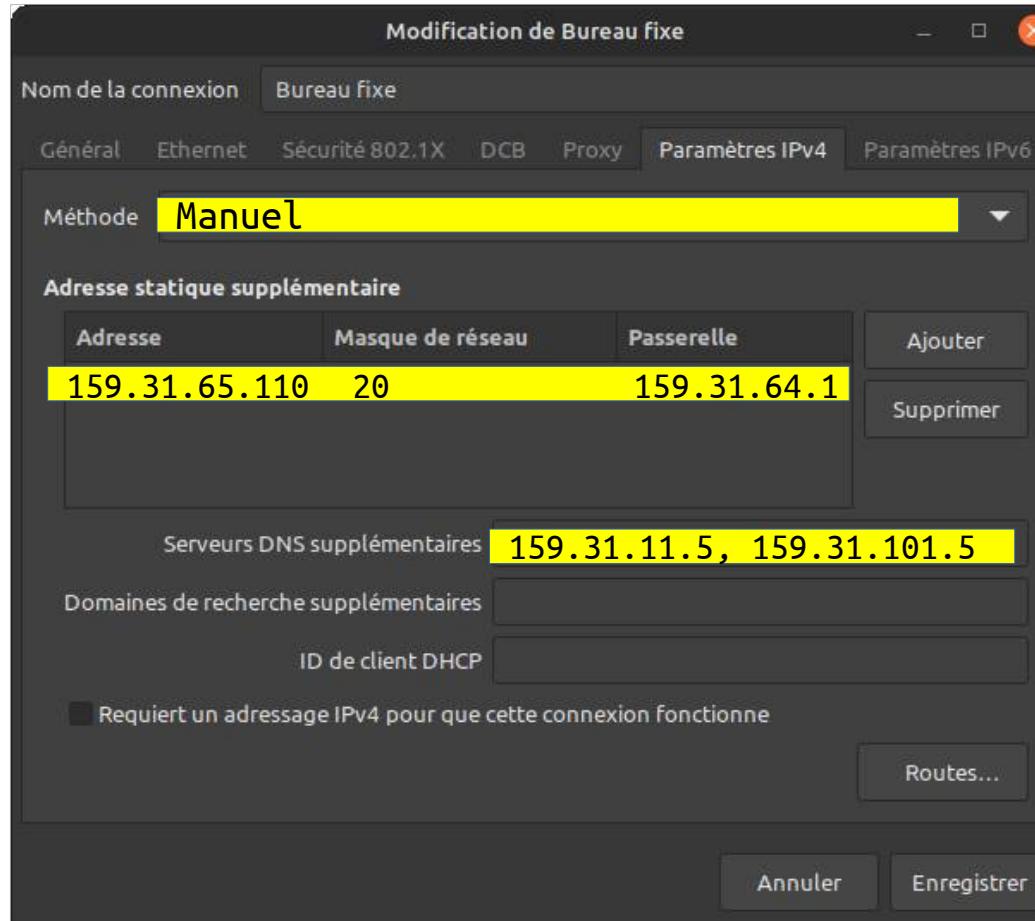
Adresse MAC de l'interface réseau Ethernet (adresse définie par le constructeur de la carte réseau)

eno1 : nom de l'interface

Les équipements terminaux et les routeurs

Configuration des interfaces réseaux

73



Les équipements terminaux et les routeurs

74

Serveur DHCP

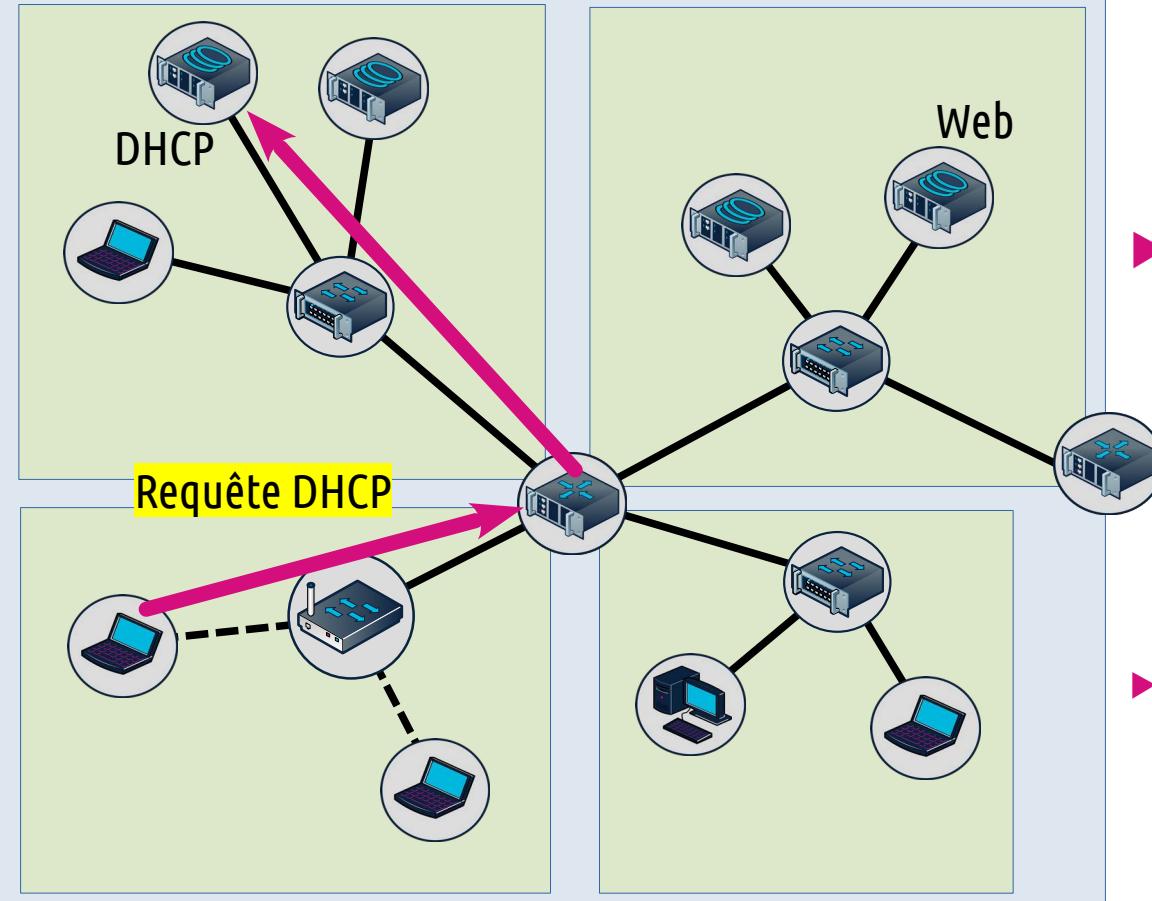
- ▶ L'interface réseau peut être configurée automatiquement à l'aide du protocole DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol)
 - Permet d'obtenir les 3 paramètres essentiels
 - L'adresse IP obtenue est temporaire (peut être réactualisée à chaque connexion au réseau), donc inutilisable pour un serveur ou routeur
- ▶ Nécessite l'installation et la configuration d'un serveur DHCP dans le réseau local
 - Hébergé parfois dans un point d'accès WiFi,
 - Hébergé par défaut dans un modem ADSL
 - Hébergé dans un équipement dédié et déporté (plus sécurisé)...

Les équipements terminaux et les routeurs

75

Transaction DHCP

Réseau local 159.31.0.0/16



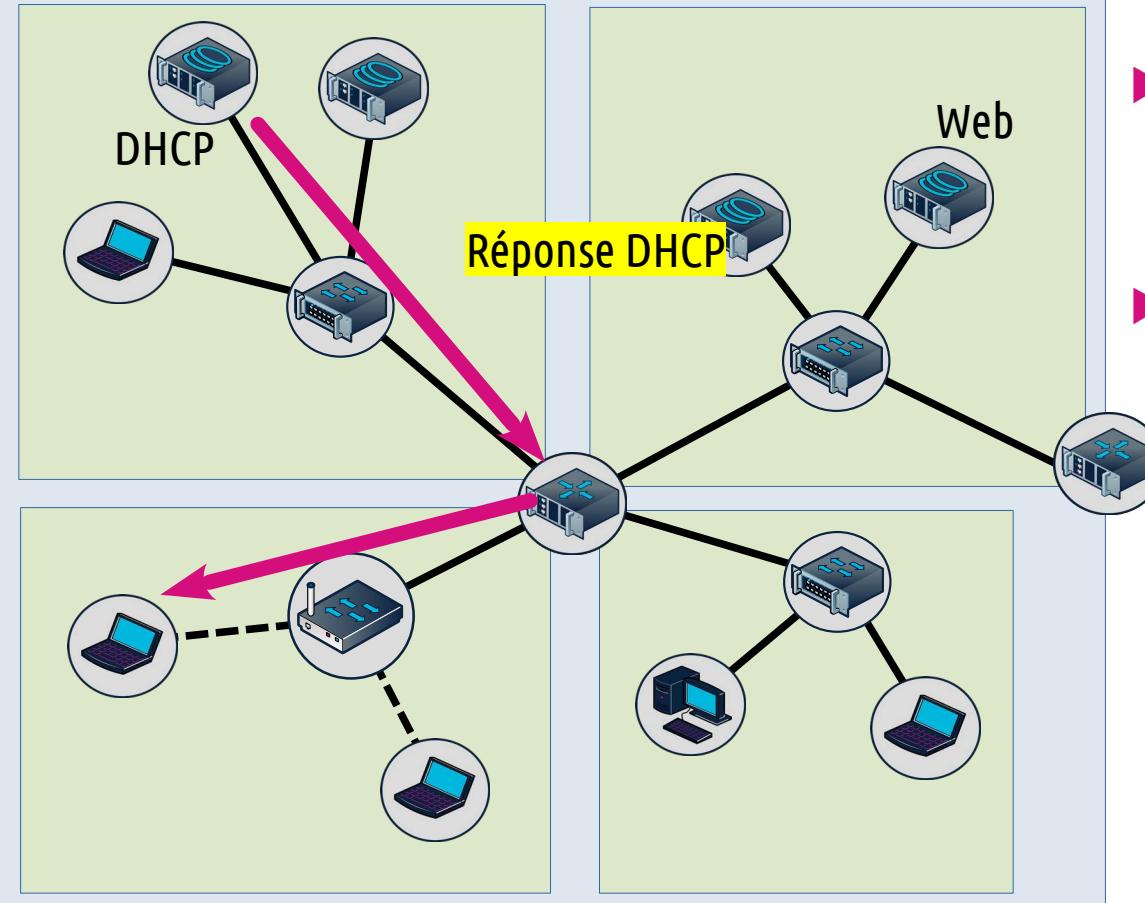
- ▶ Le terminal client souhaite configurer automatiquement son interface réseau
- ▶ Le client transmet un message de requête DHCP
 - Y a t'il un serveur DHCP capable de me fournir une adresse ?
- ▶ Le client n'a pas connaissance de l'adresse et de la localisation du serveur DHCP, les équipements réseaux ont la charge d'acheminer la requête automatiquement

Les équipements terminaux et les routeurs

76

Transaction DHCP

Réseau local 159.31.0.0/16

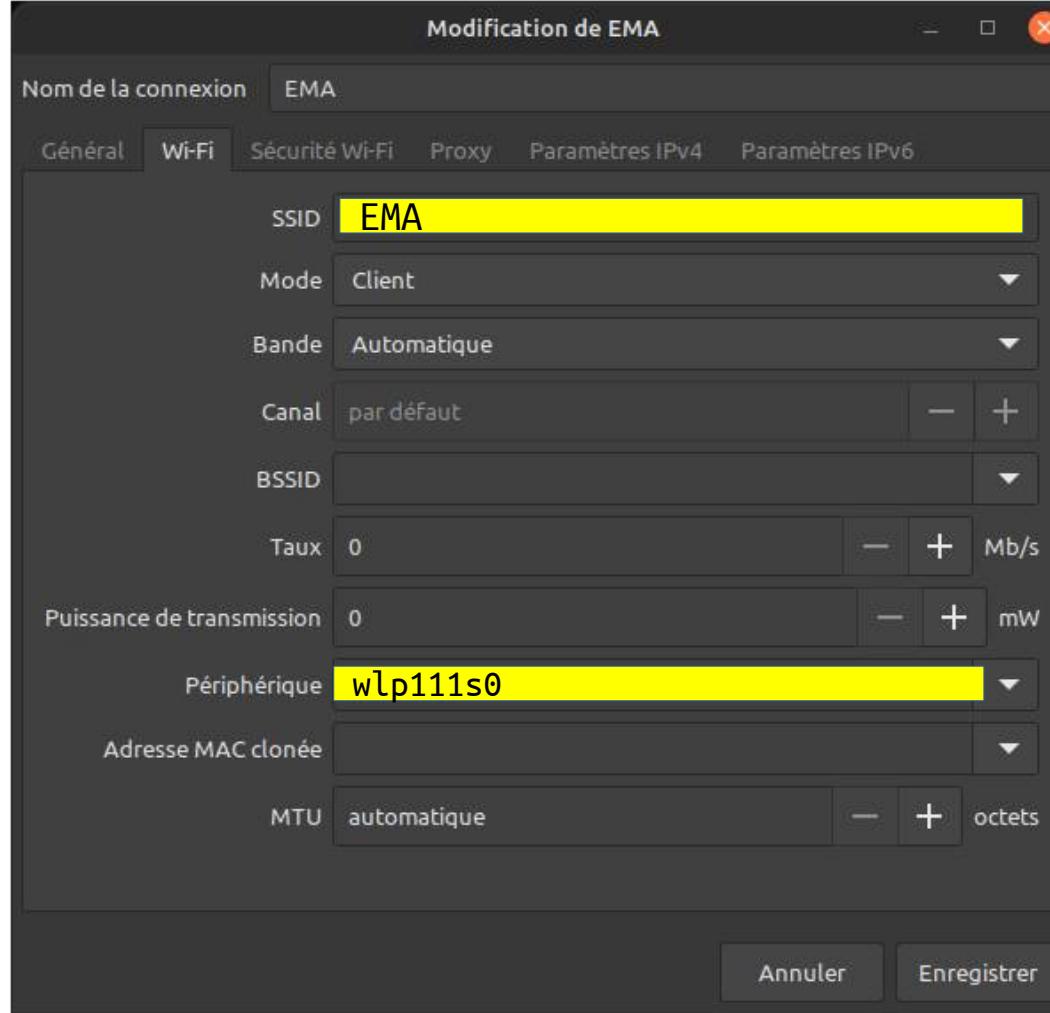


- ▶ Le serveur DHCP fait une proposition
- ▶ Le serveur transmet un message de réponse DHCP (bail)
 - 159.31.65.10/20 adresse d'interface (adresse délivrée pour une durée limitée)
 - 159.31.64.1 adresse d'interface du routeur par défaut
 - 159.31.10.5 adresse d'interface du serveur DNS

Les équipements terminaux et les routeurs

Configuration des interfaces réseaux avec DHCP

77



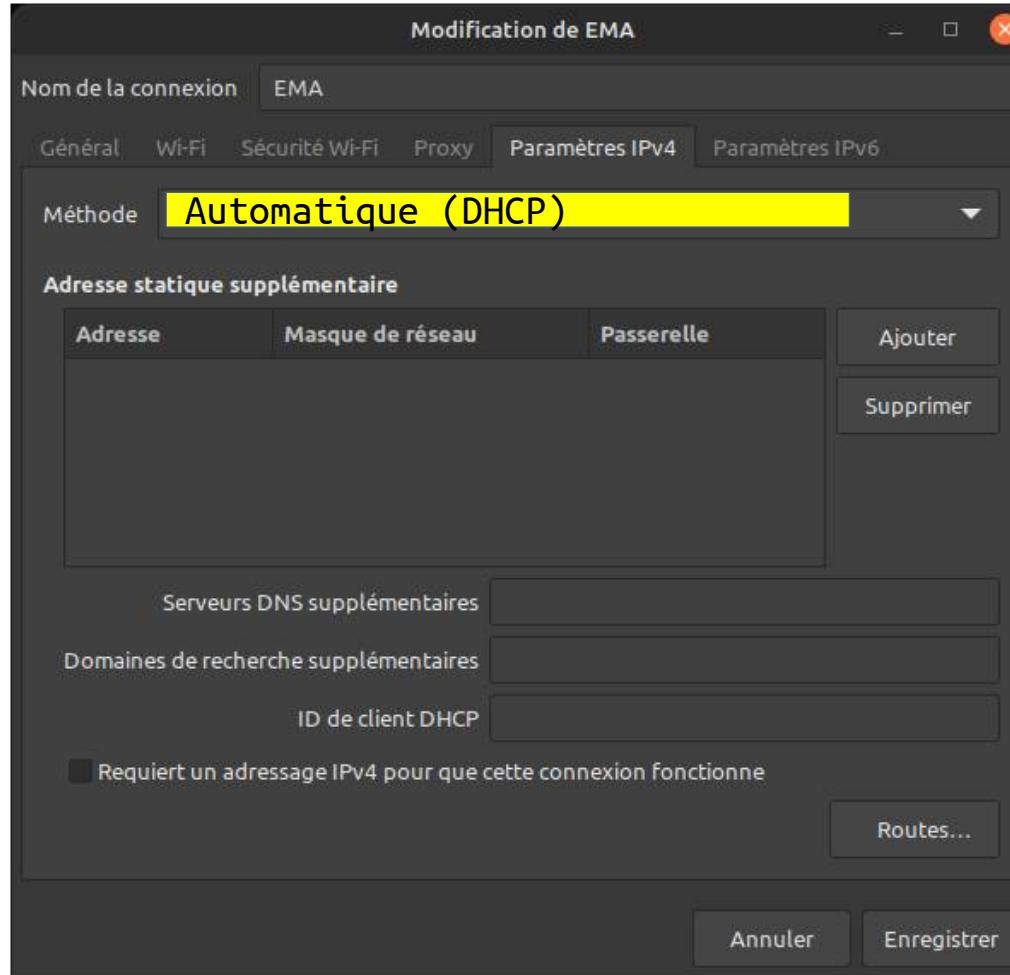
EMA nom du réseau WiFi

wlp111s0 : nom de l'interface réseau

Les équipements terminaux et les routeurs

Configuration des interfaces réseaux avec DHCP

78



Configuration minimalist

Les équipements terminaux et les routeurs

79

Adresse URL

- ▶ Une URL (uniform Resource Locator) est une chaîne de caractère qui identifie et localise une ressource dans Internet
(<http://www.mines-ales.fr/ecoole/campus>)
 - Le protocole réseau (application) qui permet de gérer la ressource
 - http → protocole HTTP donc le protocole de transfert de page Web
 - Le nom de domaine qui permet d'identifier et localiser le serveur qui héberge la ressource
 - www.mines-ales.fr → identifie et localise le serveur Web de l'école
 - Le chemin d'accès qui permet d'identifier et localiser la ressource dans le serveur
 - //ecoole/campus → identifie et localise la page Web dans le serveur

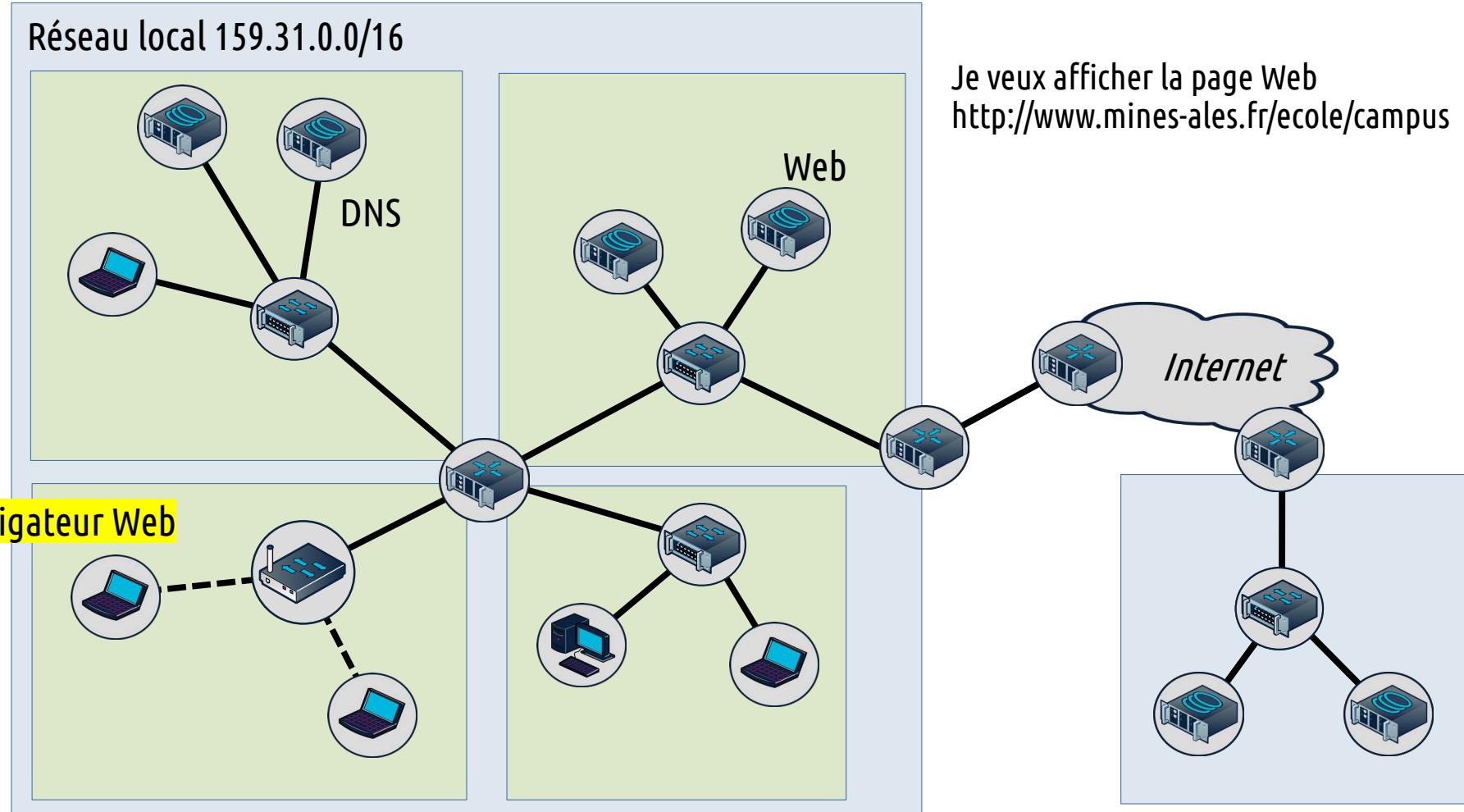
Adresse URL

- ▶ Le nom de domaine pourrait être remplacer par une adresse IP, mais il est plus simple de se mémoriser un nom de domaine
 - La page Web de recherche Google est `http://www.google.com`
 - L'adresse IP du serveur Google est 142.250.201.4
 - Les URL `http://142.250.201.4` et `http://www.google.com` caractérise la même ressource
- ▶ Le serveur DNS (Domain Name System) convertit le nom de domaine d'une URL en adresse IP d'interface (et inversement)
 - Sans connaissance de l'adresse IP du nom de domaine, une URL est inutilisable

Les équipements terminaux et les routeurs

81

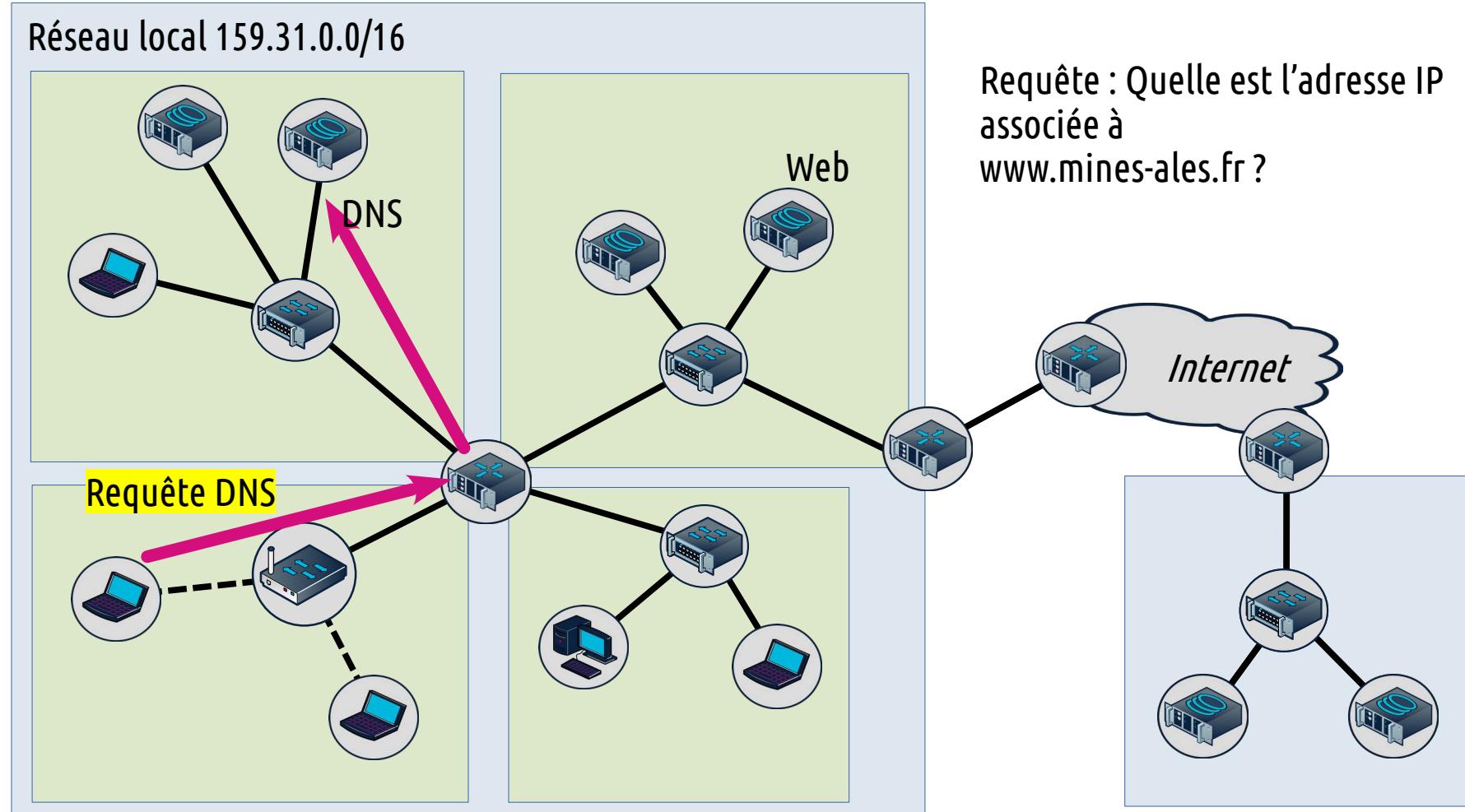
Transaction DNS



Les équipements terminaux et les routeurs

82

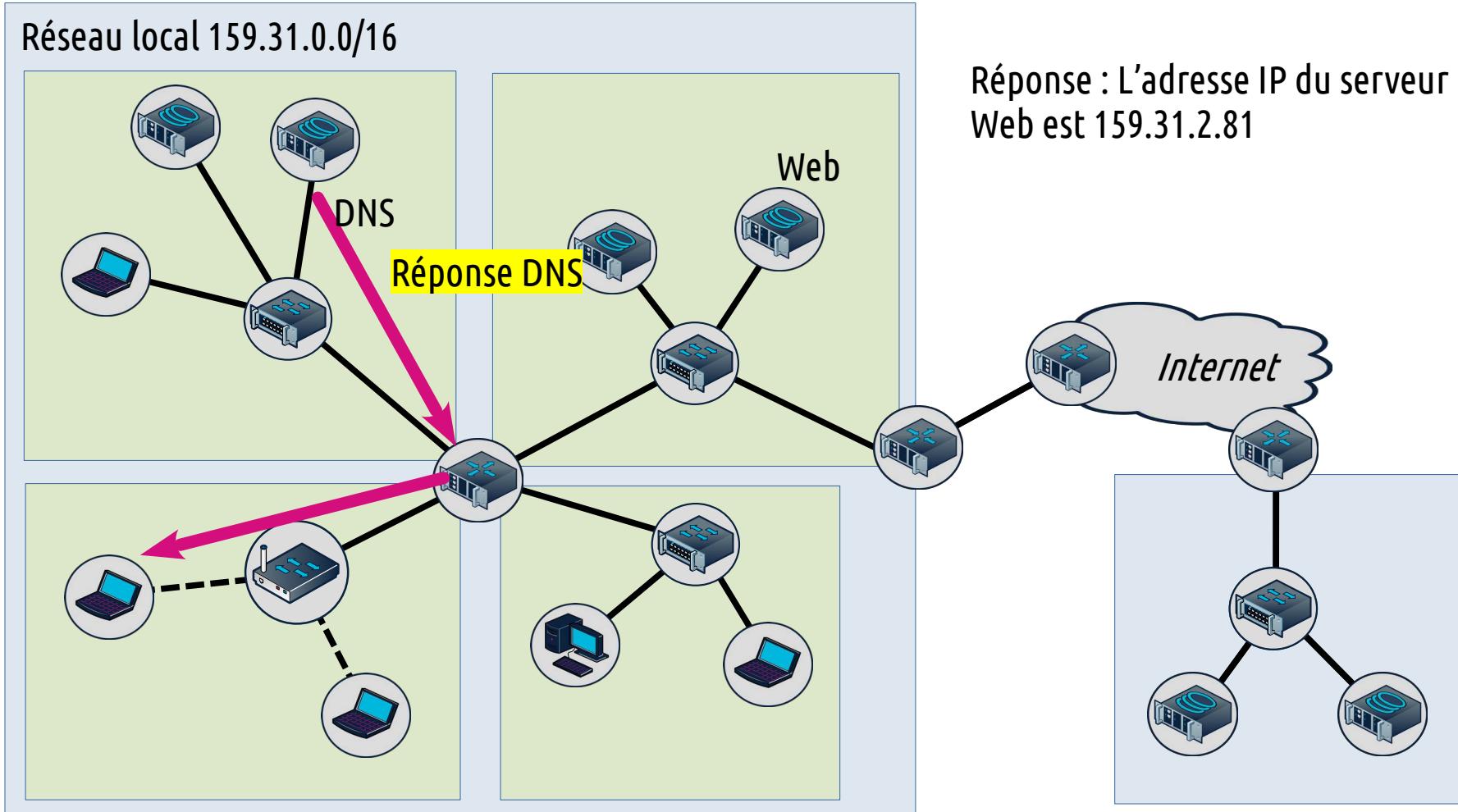
Transaction DNS



Les équipements terminaux et les routeurs

83

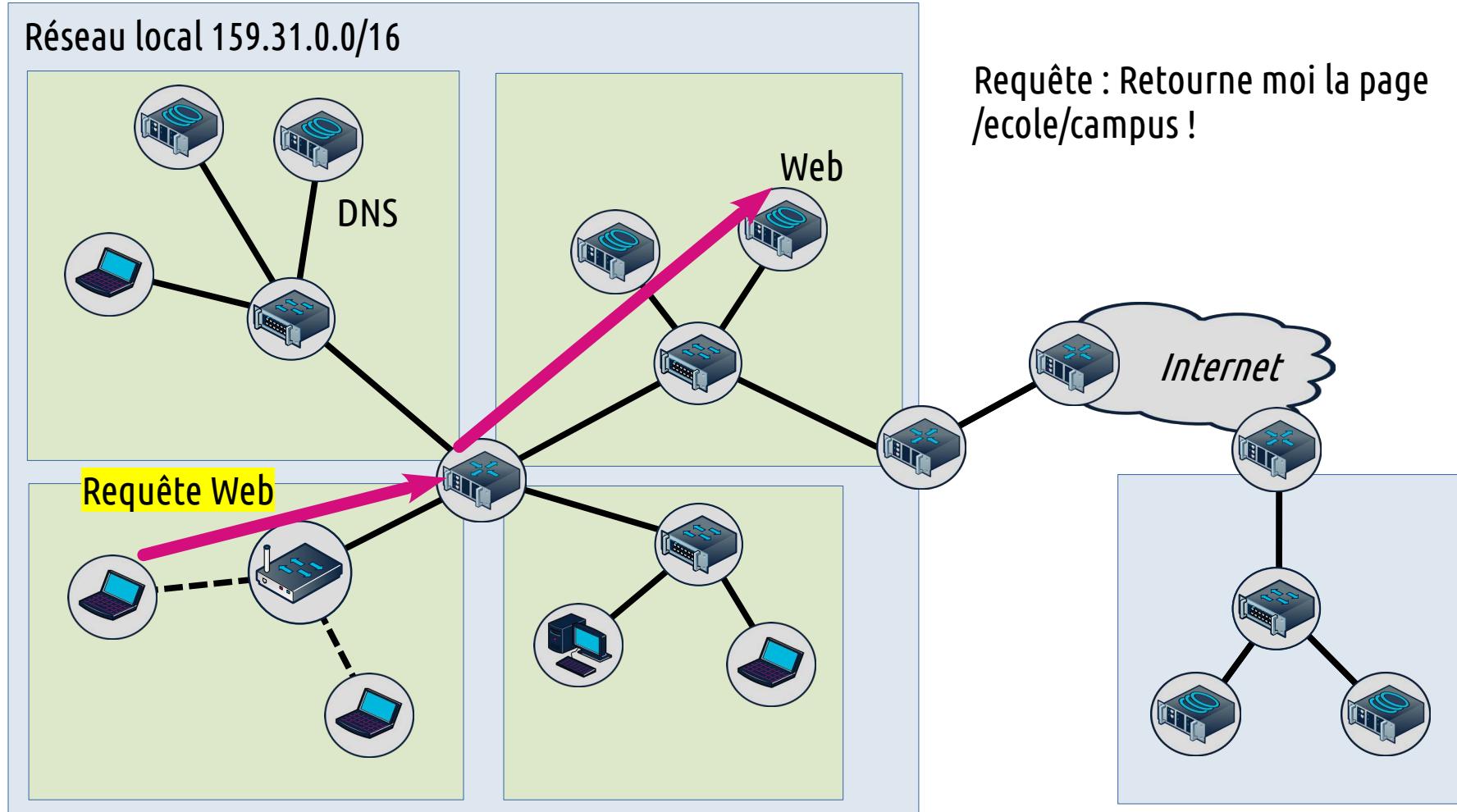
Transaction DNS



Les équipements terminaux et les routeurs

84

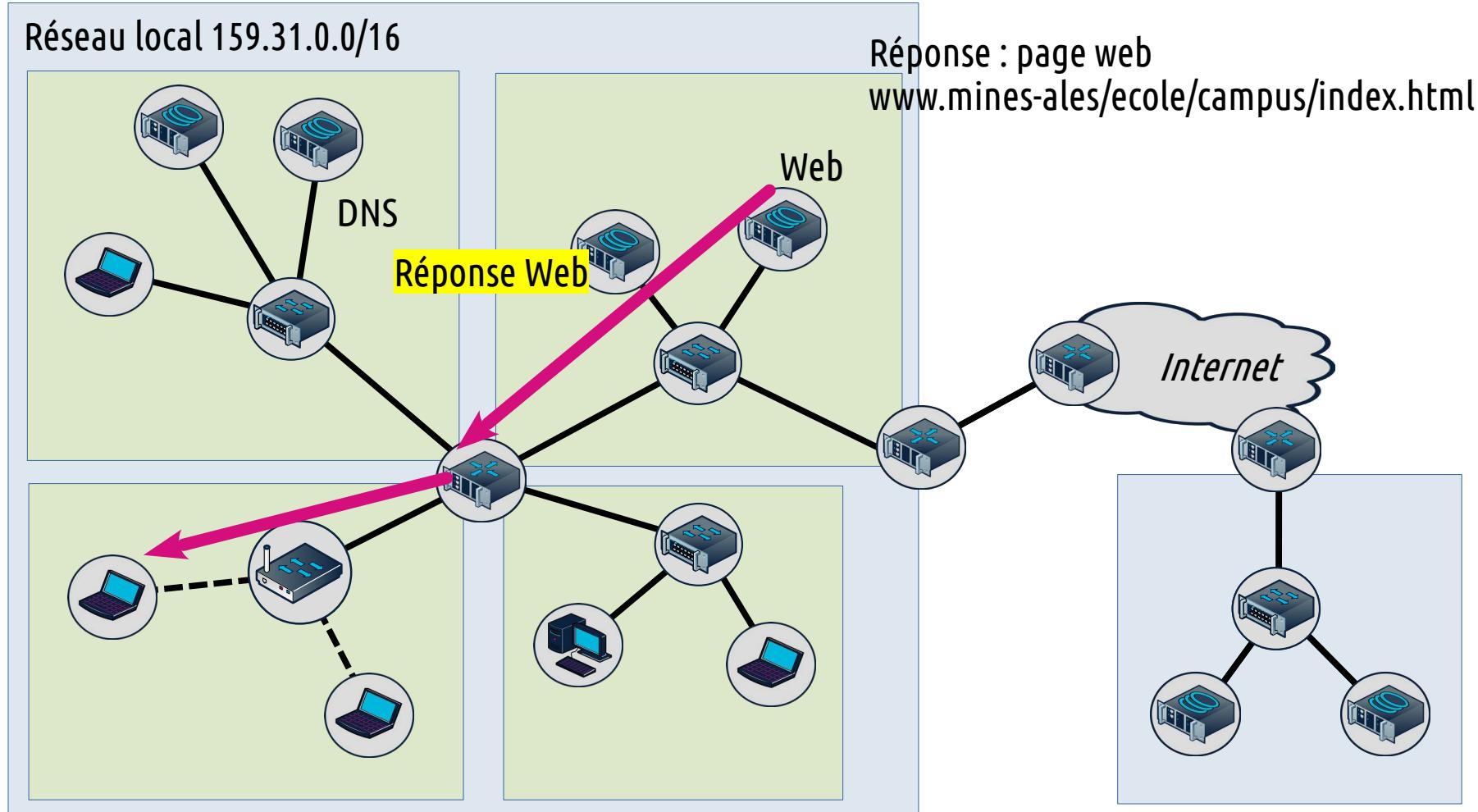
Transaction DNS



Les équipements terminaux et les routeurs

85

Transaction DNS



Les équipements terminaux et les routeurs

86

Serveur DNS

Requête de téléchargement de la page Web www.mines-ales.fr

```
└─(ymoret@Taranis)-[~]
$ wget www.mines-ales.fr
--2024-09-24 16:33:12-- https://www.mines-ales.fr/
Résolution de www.mines-ales.fr (www.mines-ales.fr)... 159.31.2.81
Connexion à www.mines-ales.fr (www.mines-ales.fr)|159.31.2.81|:443... connecté.
requête HTTP transmise, en attente de la réponse... 302 Found
```

```
Emplacement : https://www.imt-mines-ales.fr/ [suivant]           Redirection par le serveur Web
--2024-09-24 16:33:12-- https://www.imt-mines-ales.fr/
Résolution de www.imt-mines-ales.fr (www.imt-mines-ales.fr)... 51.83.108.215
Connexion à www.imt-mines-ales.fr (www.imt-mines-ales.fr)|51.83.108.215|:443... connecté.
requête HTTP transmise, en attente de la réponse... 200 OK
Taille : non indiqué [text/html]
Enregistre : 'index.html.1'
```

```
index.html.1          [ <=> ] 120,53K  ---KB/s   ds 0,08s
```

```
2024-09-24 16:33:12 (1,51 MB/s) - 'index.html.1' enregistré [123420]
```

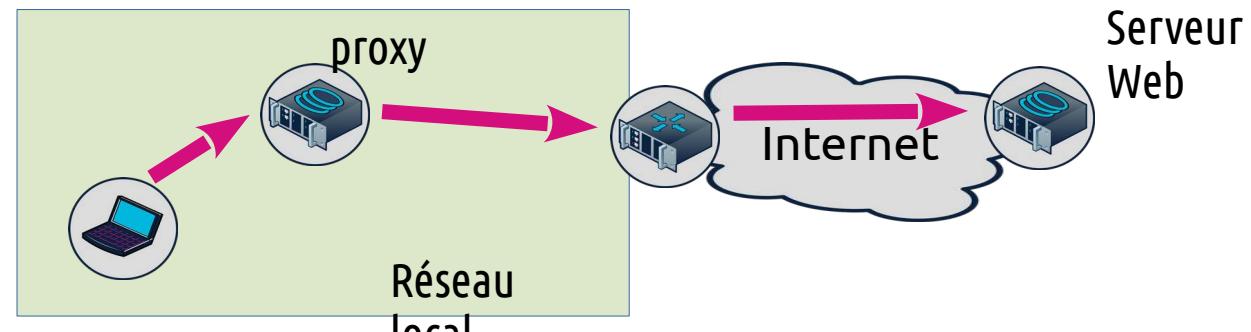
```
└─(ymoret@Taranis)-[~]
$
```

Les équipements terminaux et les routeurs

87

Serveur proxy

- ▶ Serveur intermédiaire entre l'utilisateur et le serveur final
 - Sécurise les échanges au niveau de l'application, et l'utilisateur
 - Le proxy peut surveiller le trafic, et agir s'il détecte une anomalie
 - Le proxy communique avec le serveur Web, donc le serveur Web n'a pas d'information (adresse IP) provenant de l'ordinateur de l'utilisateur
 - Optimise les échanges
 - avec un système de cache mémoire (par ex. mémorisation des pages Web régulièrement téléchargées par les utilisateurs du réseau local)



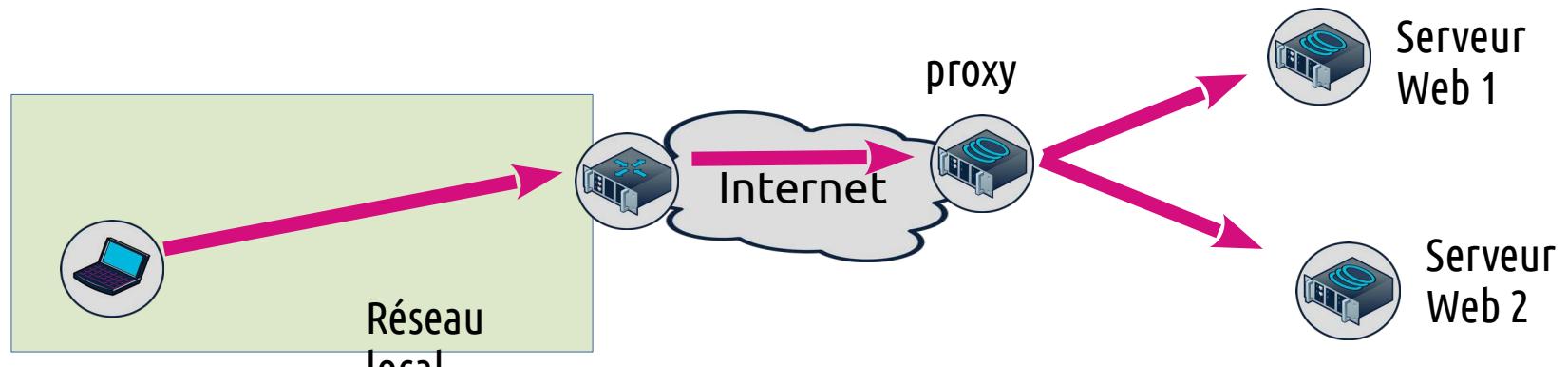
Les équipements terminaux et les routeurs

88

Serveur proxy

► Serveur intermédiaire entre l'utilisateur et le serveur final

- Sécurise les échanges au niveau de l'application, et le serveur Web
 - Le proxy peut surveiller le trafic, et agir s'il détecte une anomalie
 - L'utilisateur communique avec le proxy, et n'a donc pas d'information (adresse IP) provenant des serveurs Web
- Optimise les échanges
 - répartition de charge avec plusieurs serveurs Web



Les réseaux et équipements d'accès

Les réseaux et équipements d'accès

90

Les réseaux

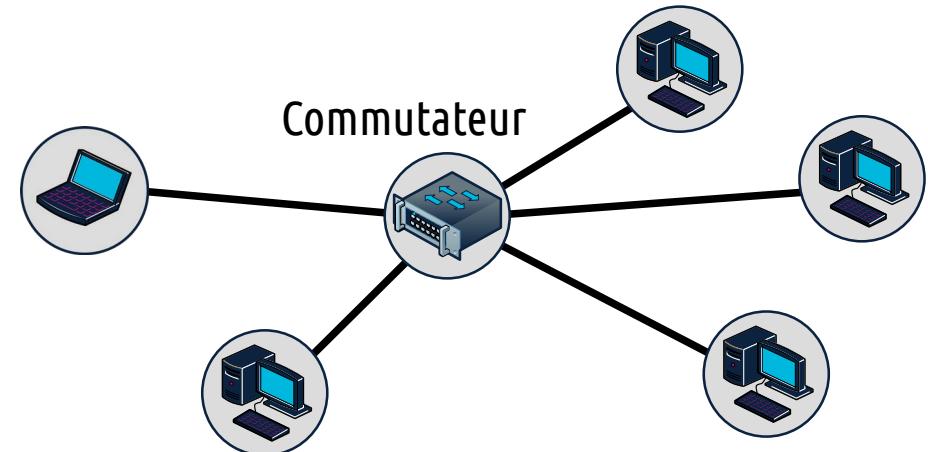
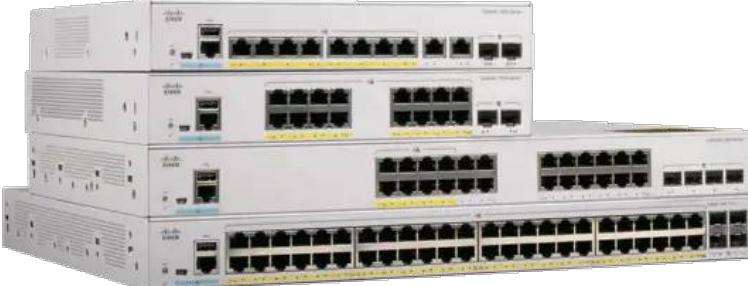
- ▶ Les réseaux d'accès ont pour principale fonction l'interconnexion des équipements terminaux au réseau
 - Réseau Ethernet
 - Réseau WiFi
 - Réseau CPL (Courant Porteur en Ligne)

Les réseaux et équipements d'accès

91

Le réseau Ethernet

- ▶ Le commutateur Ethernet est le cœur du réseau Ethernet
 - Interconnexion en étoile
 - Capacités variables
 - 4 à 48 ports (1 port = 1 connectique cuivre ou fibre optique) de 100Mb/s à 400Gb/s
 - Administrable ou pas
 - Robuste aux pannes ou pas
 - POE (Power On Ethernet) ou pas (capacité d'alimenter les équipements terminaux)
 - 10 à 30 000€

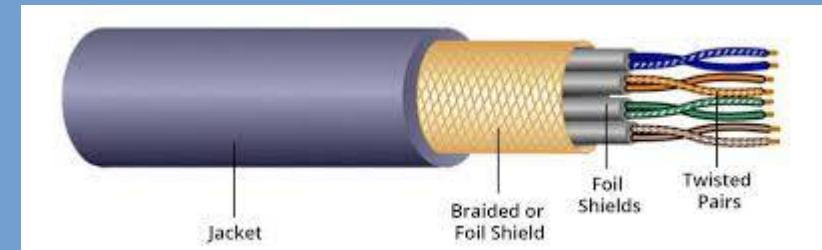


Les réseaux et équipements d'accès

Le réseau Ethernet

92

Paire torsadée



Liste non exhaustive		Débit	Taille max. recommandée
Paire torsadée (cuivre)	Catégorie 5a ou 6e	1Gb/s	100m
	Catégorie 6e ou 7	10gb/s	30 à 50m
Fibre optique	1000BASE-SX	1Gb/s	550m
	1000BASE-LX	1Gb/s	5km
	400GBASE-LR16	400Gb/s	10km

ARJ45

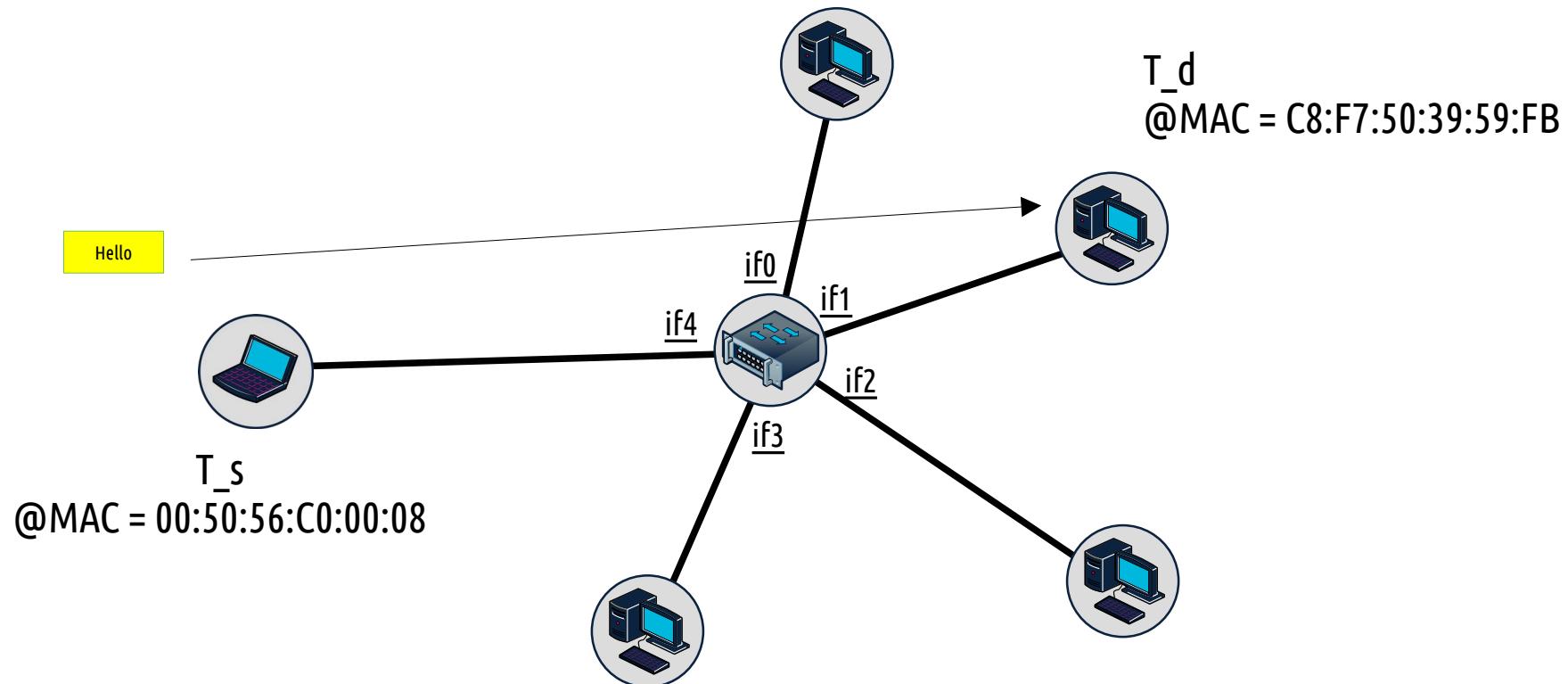


Les réseaux et équipements d'accès

93

La commutation Ethernet

- ▶ T_s veut transmettre un message à T_d
 - T_s doit avant tout pouvoir identifier $T_d \rightarrow$ adresse MAC



La commutation Ethernet

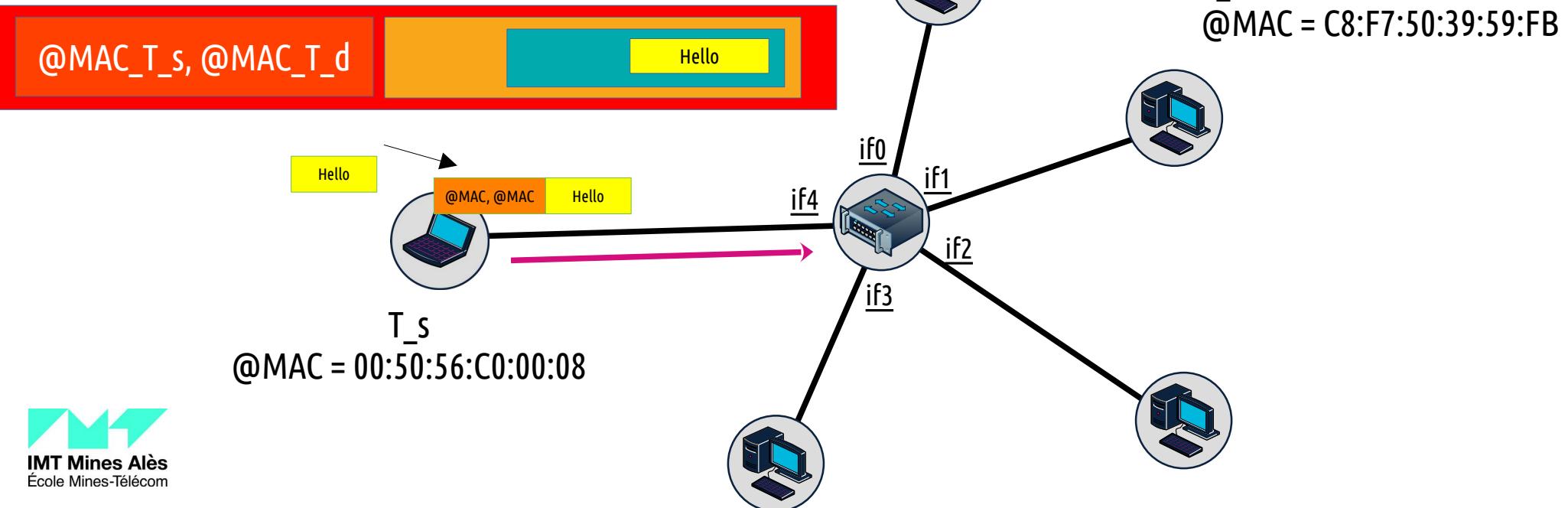
- ▶ Adresse MAC (Medium Access Control) codée sur 6 octets en hexadécimal
 - Permet d'identifier, mais pas de localiser, l'interface réseau d'un équipement
 - L'adresse est statistiquement unique
 - L'adresse est implantée par défaut dans la carte par le constructeur de la carte
 - Les 3 premiers octets identifient le constructeur
 - C8:F7:50:39:59:FB → carte Ethernet (C8:F7:50 = Dell)
 - D4:3B:04:CC:7C:43 → carte WiFi (D4:3B:04 = Intel)
 - mais peut être modifiée par l'utilisateur

Les réseaux et équipements d'accès

95

La commutation Ethernet

- Le terminal T_s transmet un paquet à destination du terminal T_d
 - Le paquet transmis contient l'adresse MAC de T_s et de T_d

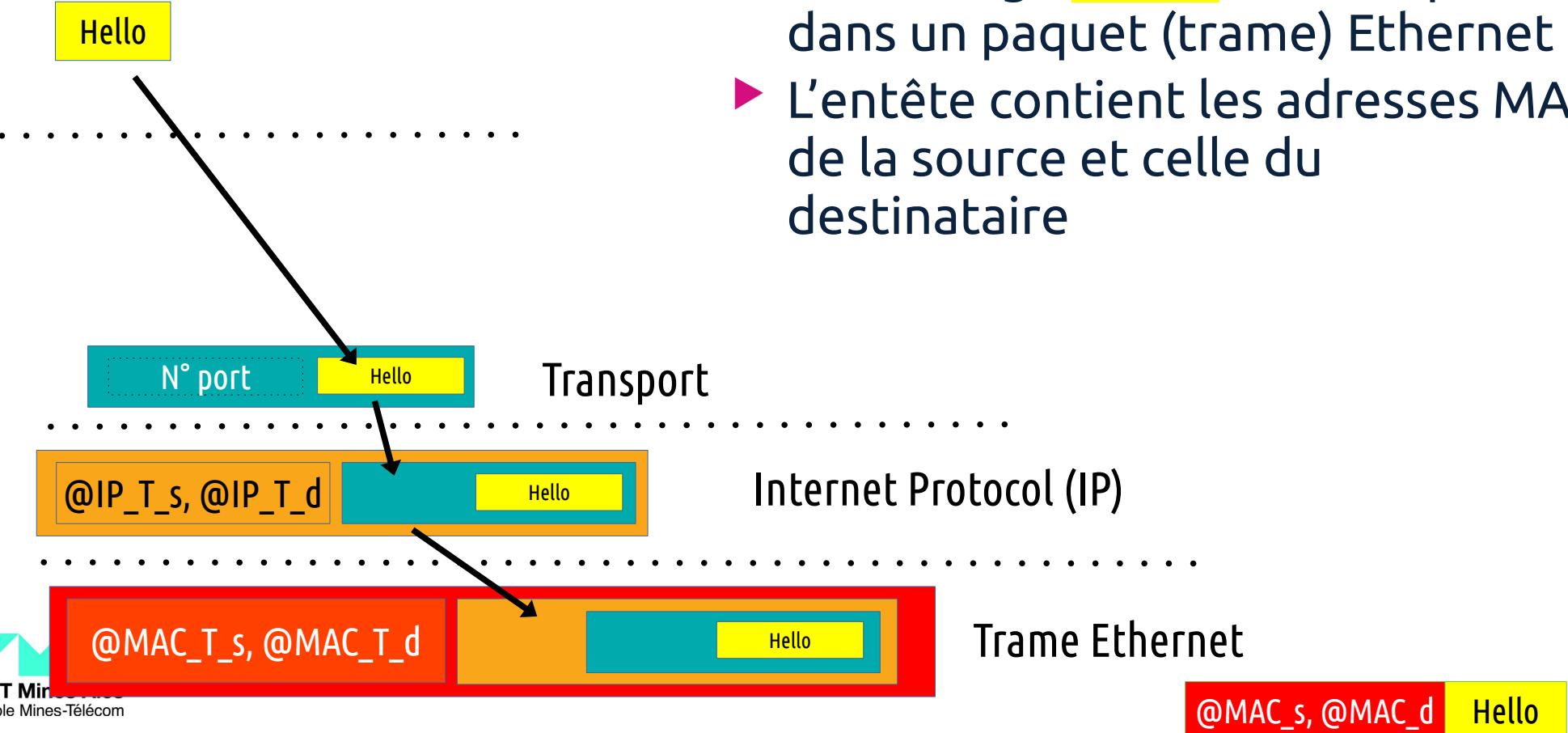


Les réseaux et équipements d'accès

La commutation Ethernet

96

- ▶ Le message Hello est encapsulé dans un paquet (trame) Ethernet
- ▶ L'entête contient les adresses MAC de la source et celle du destinataire



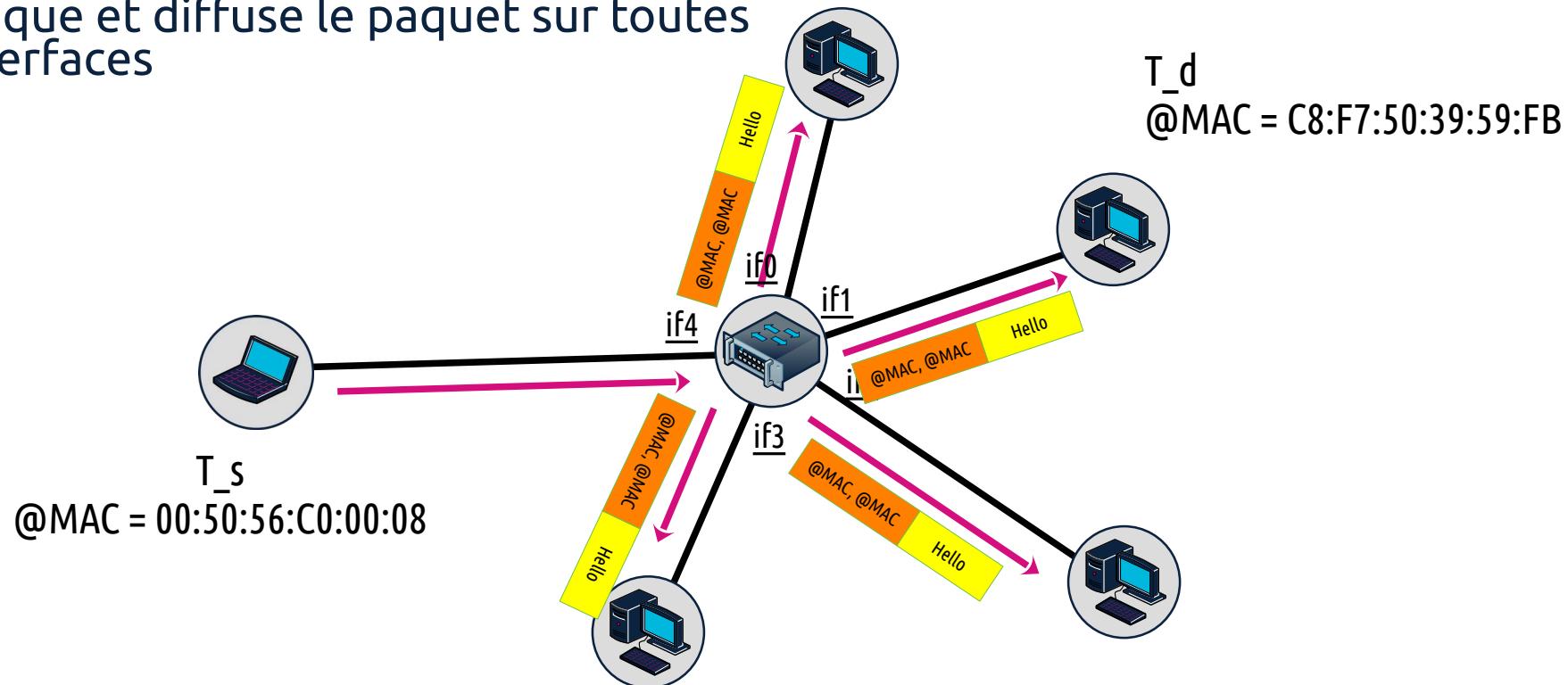
Les réseaux et équipements d'accès

97

La commutation Ethernet

- ▶ La table de commutation (du commutateur) est vide
 - Le commutateur ne sait pas où est T_4
 - Il duplique et diffuse le paquet sur toutes ses interfaces

Table de commutation	
Interface	Adresse MAC
if4	00:50:56:C0:00:08



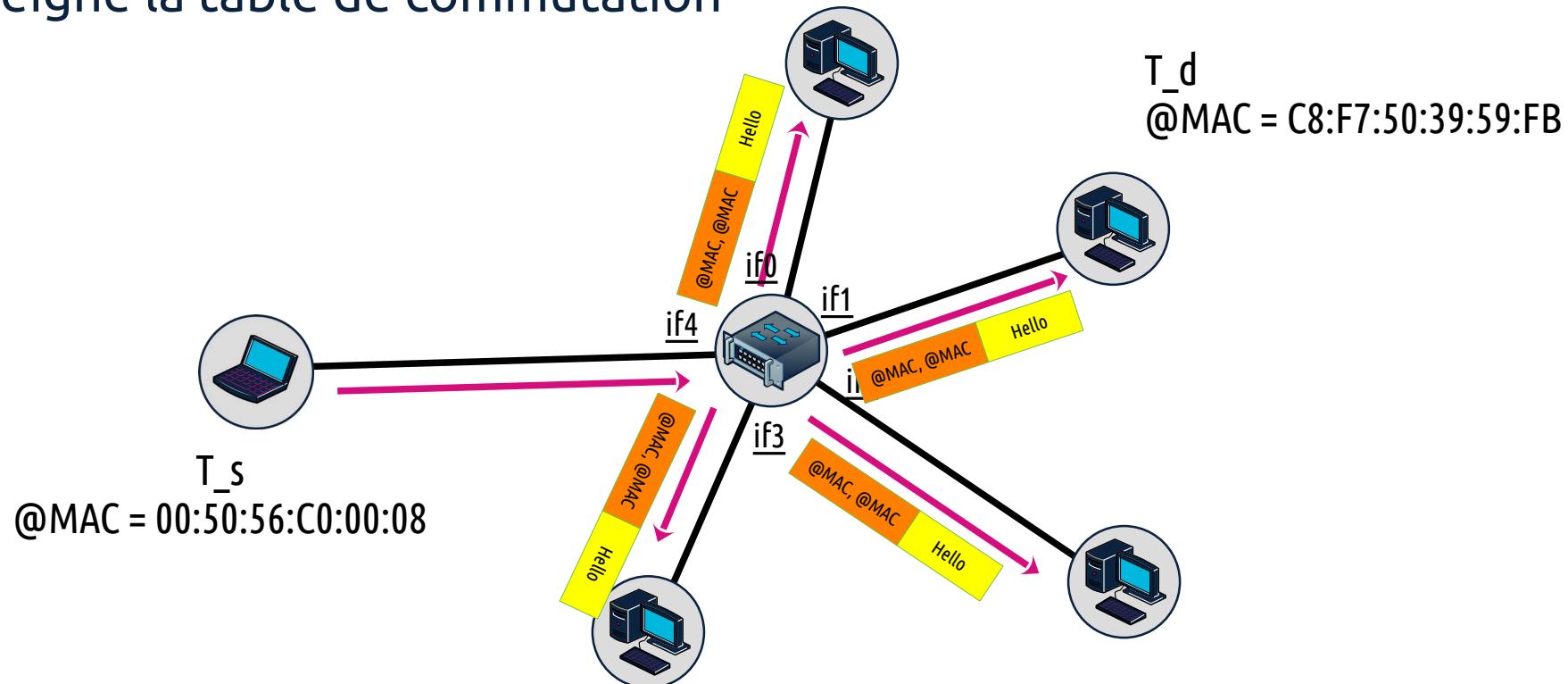
Les réseaux et équipements d'accès

La commutation Ethernet

- Le commutateur relève la position de T_s depuis l'interface if4
 - Il renseigne la table de commutation

Table de commutation	
Interface	Adresse MAC
if4	00:50:56:C0:00:08

98



Les réseaux et équipements d'accès

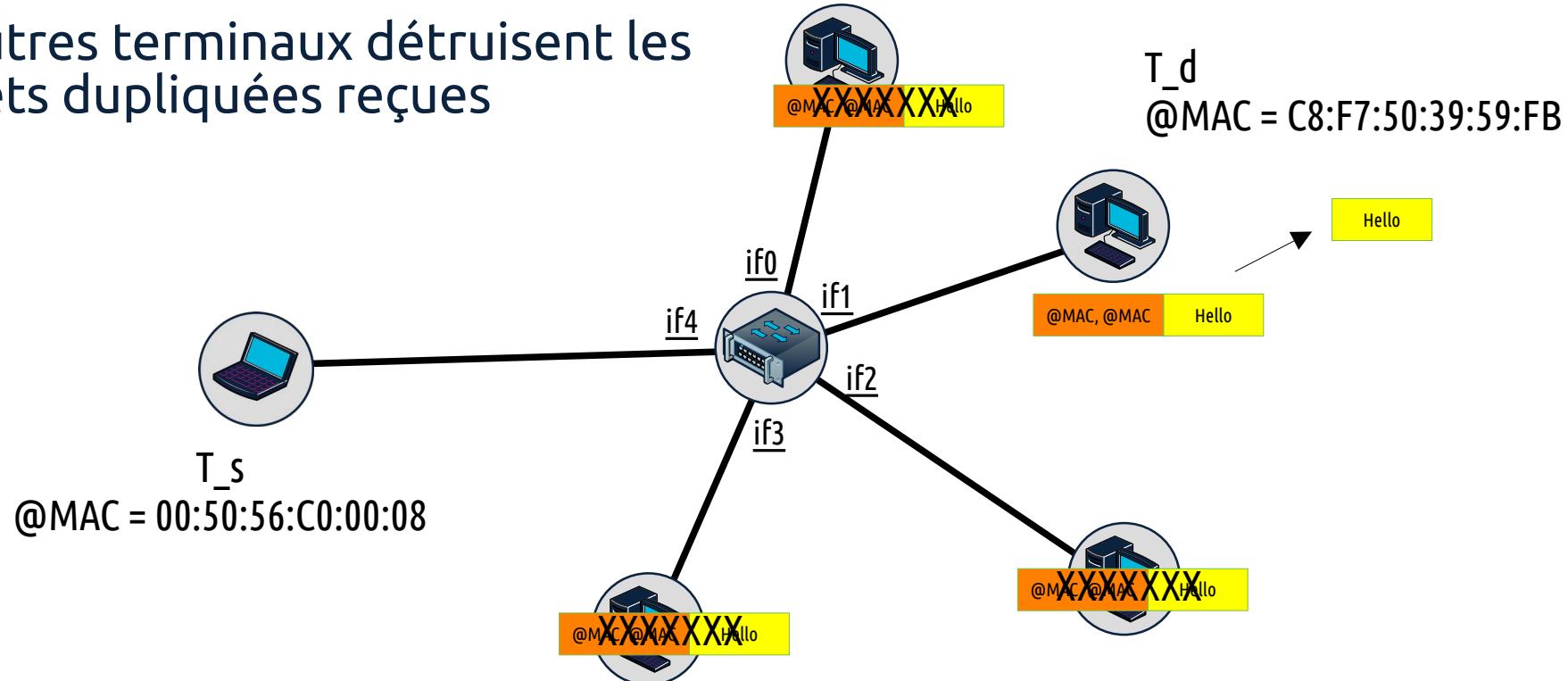
La commutation Ethernet

- ▶ T_d est le seul terminal à reconnaître l'adresse MAC de destination

- Il gère le contenu du paquet
- Les autres terminaux détruisent les paquets dupliqués reçus

Table de commutation	
Interface	Adresse MAC
if4	00:50:56:C0:00:08

99



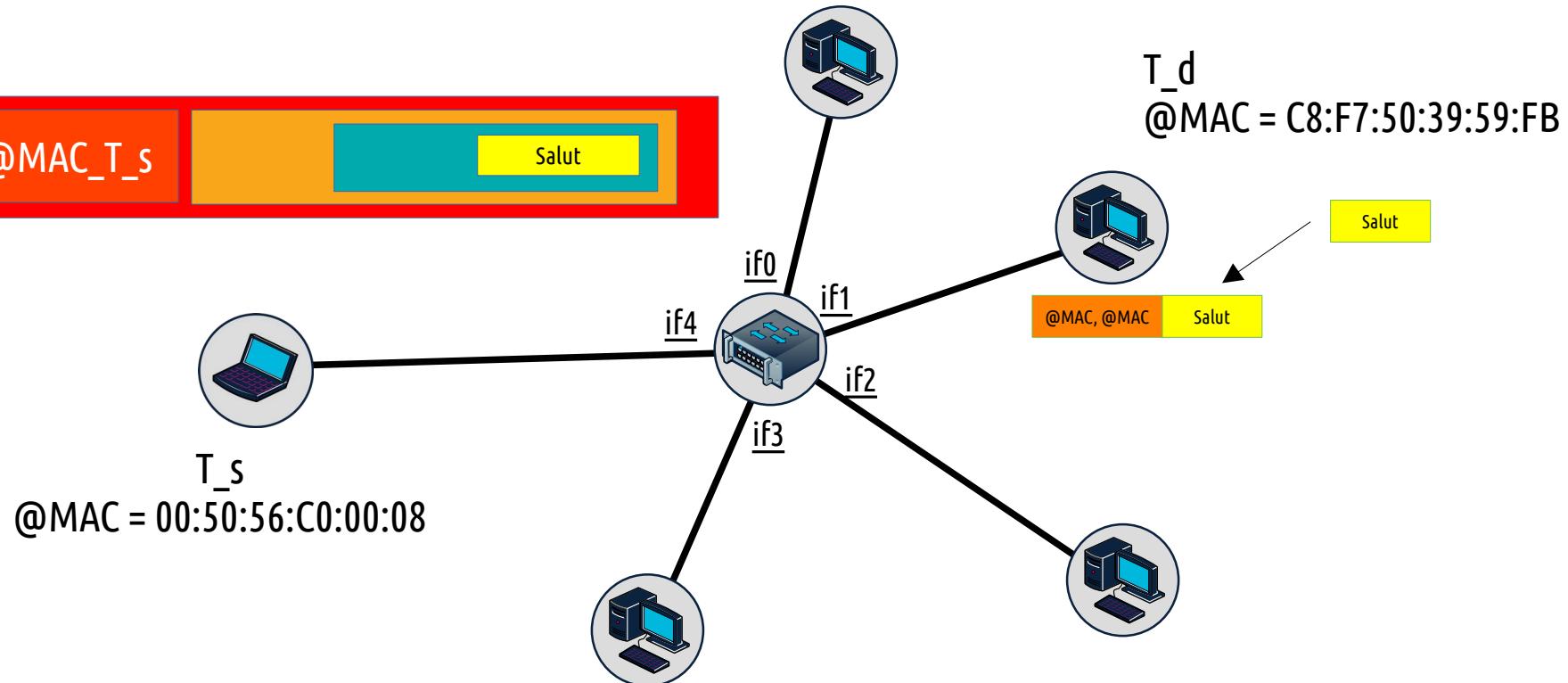
Les réseaux et équipements d'accès

100

La commutation Ethernet

- T_d envoi une réponse à T_s

Table de commutation	
Interface	Adresse MAC
<u>if4</u>	00:50:56:C0:00:08



Les réseaux et équipements d'accès

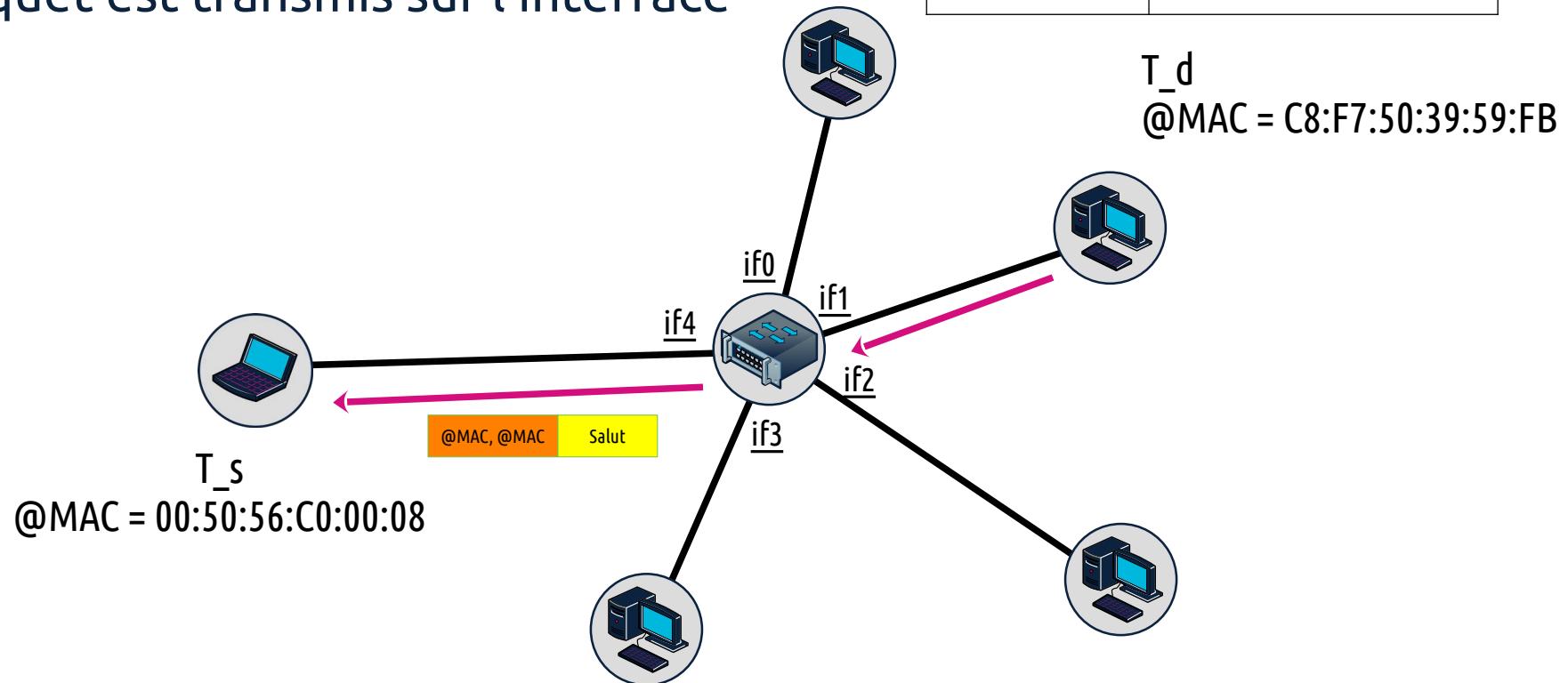
101

La commutation Ethernet

- ▶ La table de commutation connaît la position de T_s

- Le paquet est transmis sur l'interface

if4



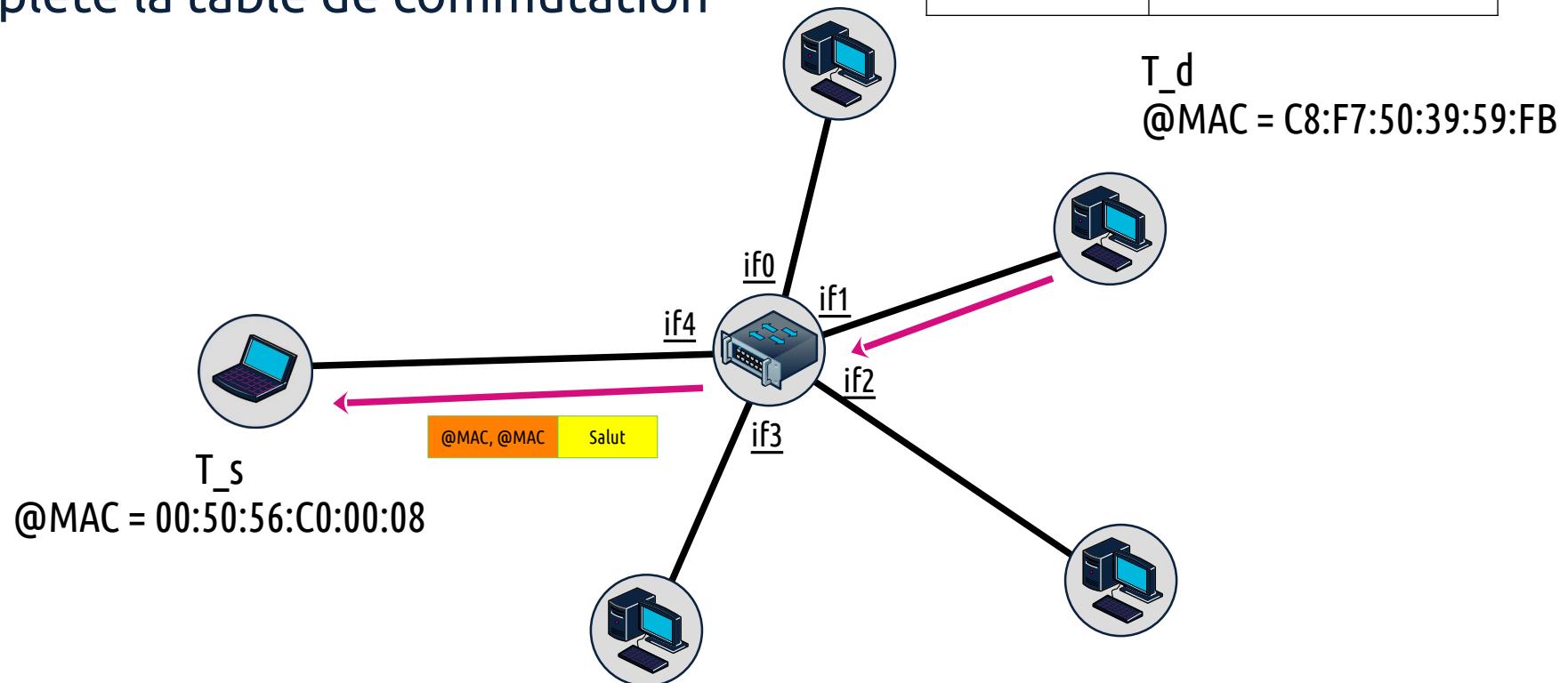
Les réseaux et équipements d'accès

102

La commutation Ethernet

- Le commutateur relève la position de T_d
 - Il complète la table de commutation

Table de commutation	
Interface	Adresse MAC
if4	00:50:56:C0:00:08
if1	C8:F7:50:39:59:FB



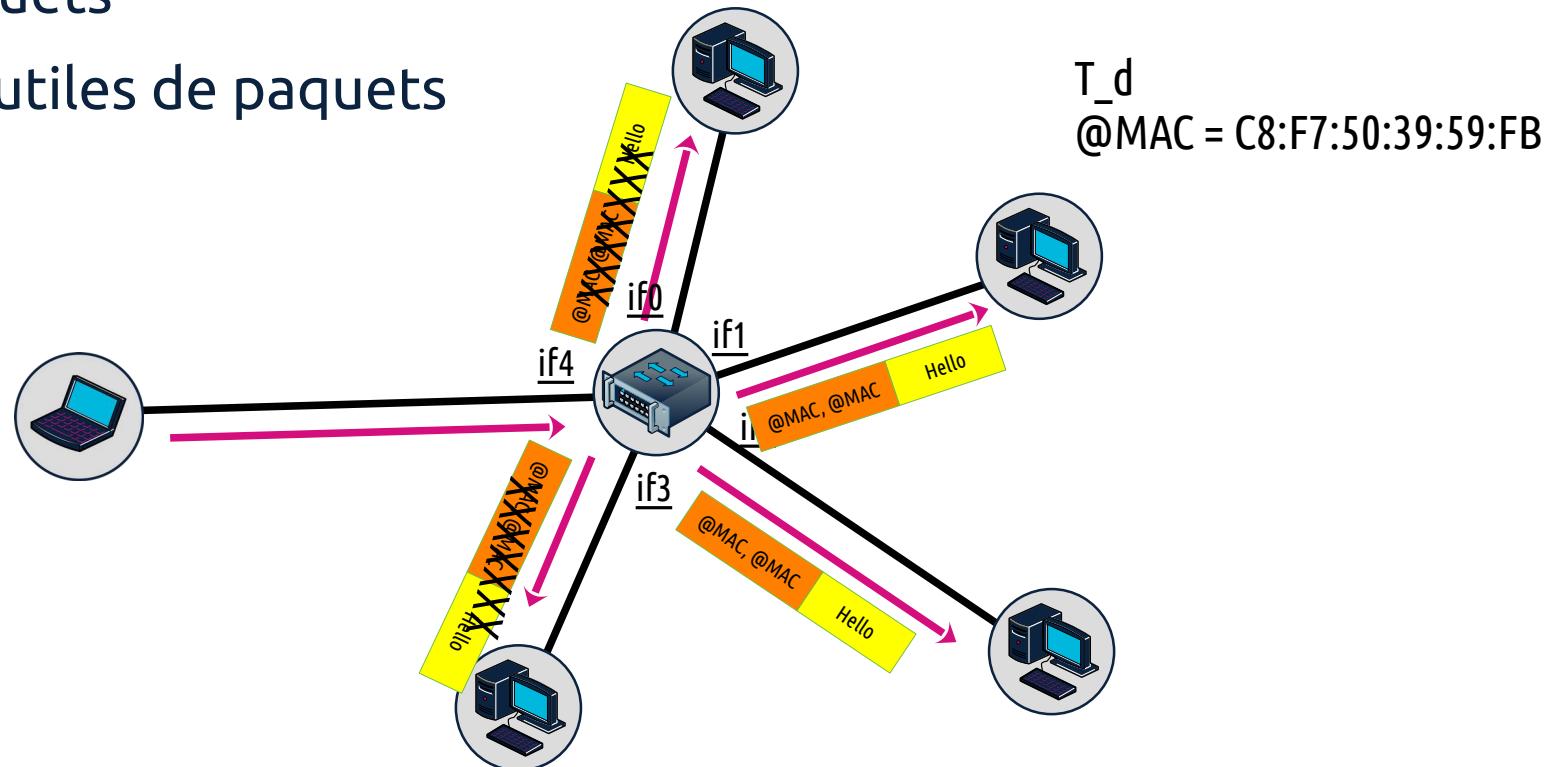
Les réseaux et équipements d'accès

103

La commutation Ethernet

- ▶ Si deux terminaux ont la même adresse MAC, leurs communications seront fortement perturbées

- Pertes de paquets
- Réceptions inutiles de paquets



Les réseaux et équipements d'accès

104

L'interconnexion Ethernet

- ▶ La taille maximale recommandée des câbles en paire torsadée reliant un terminal et un commutateur est de 100m
- ▶ Le nombre de terminaux connectable à un commutateur dépend du nombre de port du commutateur
 - Maximum 48
- ▶ Ces deux contraintes limites fortement la taille d'un réseau Ethernet, et la configuration des bâtiments influences fortement la répartition des commutateurs

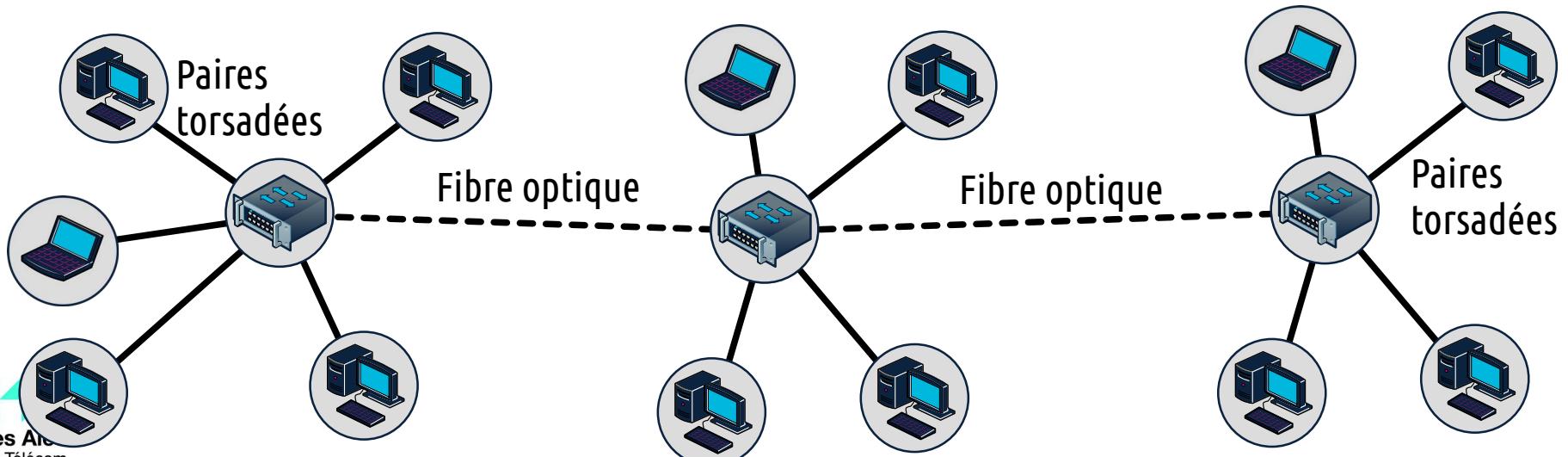
Les réseaux et équipements d'accès

105

L'interconnexion Ethernet

► La solution pour repousser les limitations

- Interconnecter plusieurs commutateurs Ethernet
- L'interconnexion entre commutateur peut se faire en fibre optique permettant d'obtenir des débits et des distances plus importants

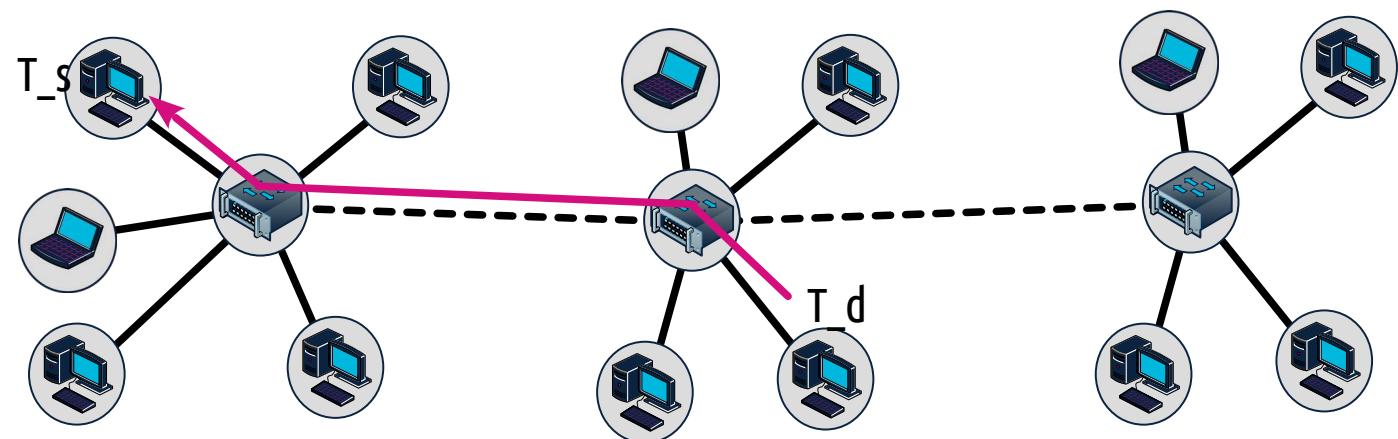
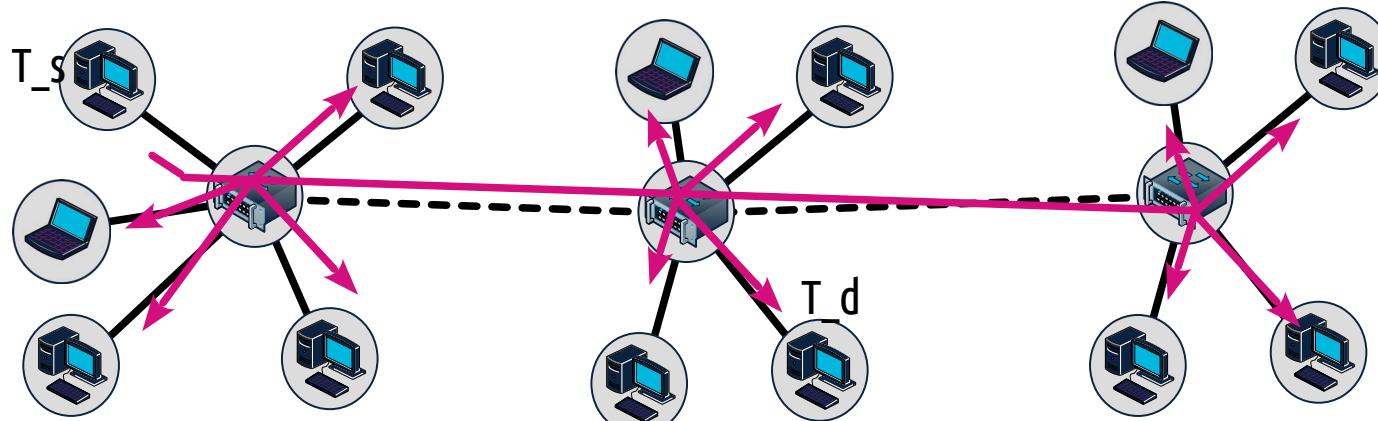


Les réseaux et équipements d'accès

106

L'interconnexion et commutation Ethernet

- ▶ Les principes de la commutation s'applique de nouveau

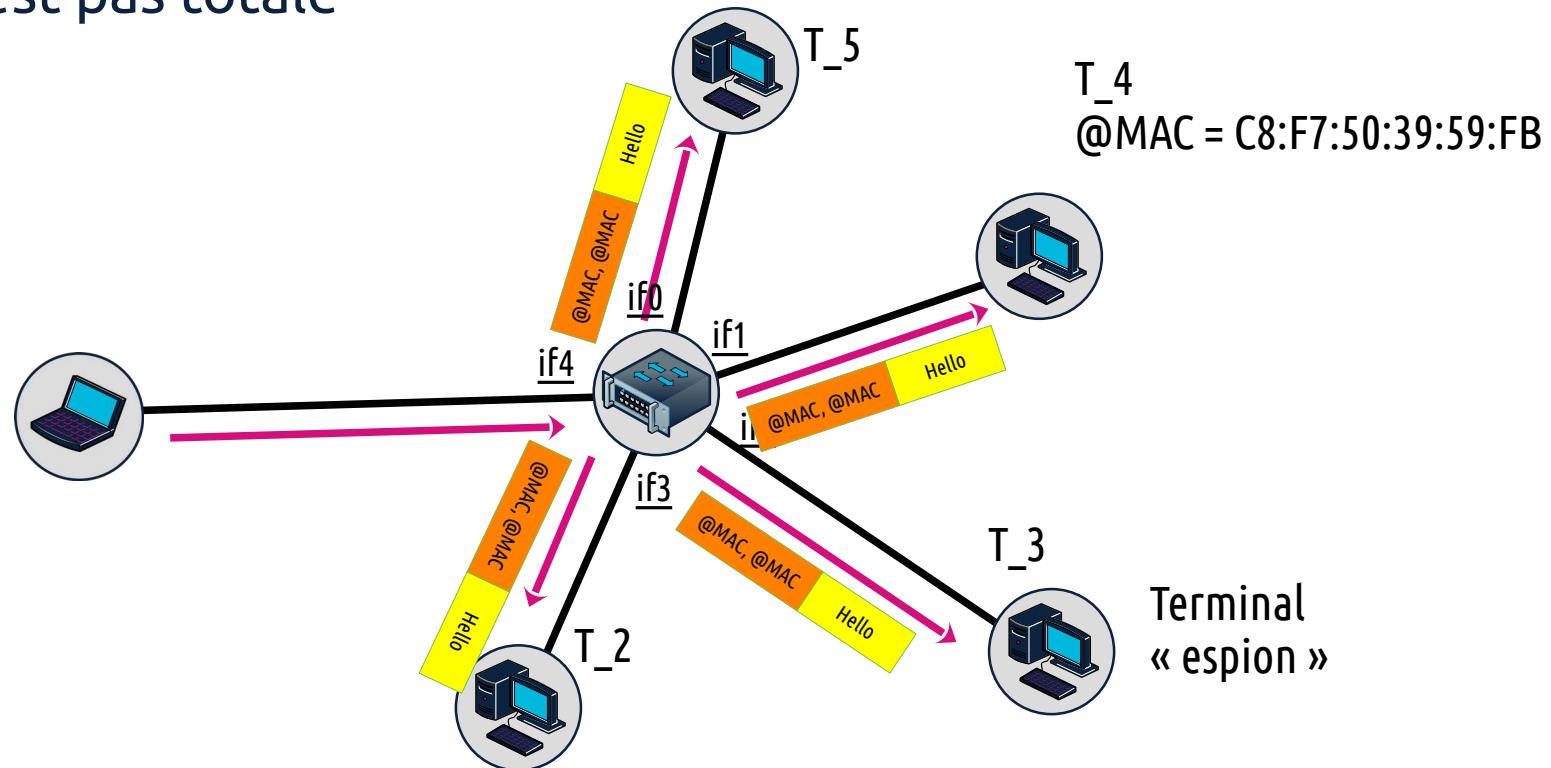


Les réseaux et équipements d'accès

107

La sécurité

- Un terminal connecté aux commutateur peut intercepter certains paquets qui ne lui sont pas destinés
 - La sécurité n'est pas totale



Les réseaux et équipements d'accès

108

La sécurité

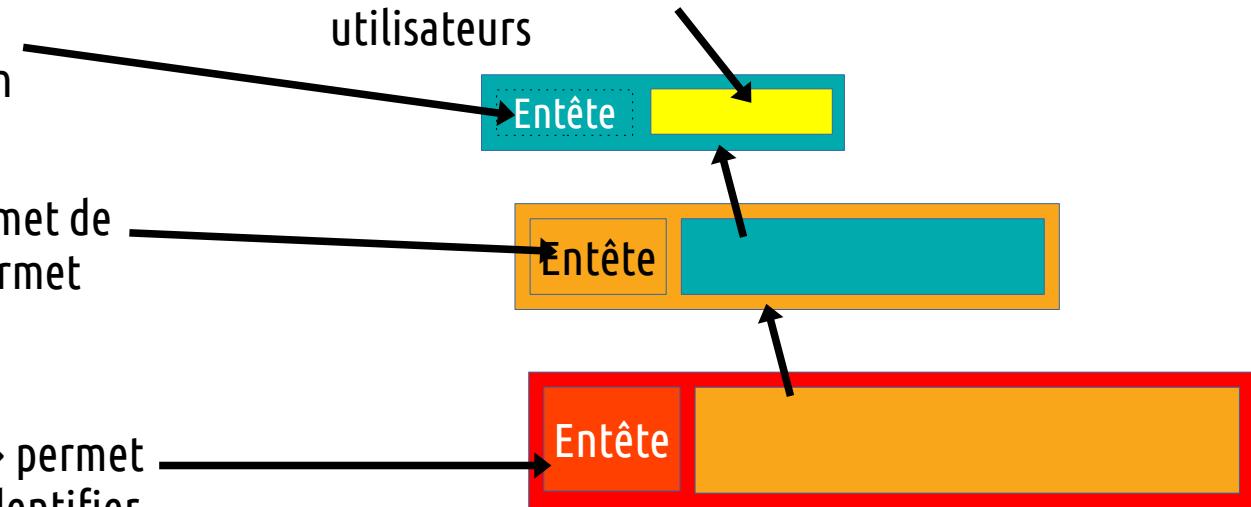
- ▶ La diffusion des trames est une faille de sécurité
- ▶ Les équipements non destinataires peuvent analyser toutes les trames diffusées

Numéro de port → permet d'identifier le type d'application

Données provenant de l'application → si non chiffrées permet d'exploiter des données utilisateurs

Adresses IP source et destination → permet de localiser et identifier les utilisateurs, permet d'usurper l'identité d'un équipement

Adresses MAC source et destination → permet d'usurper un équipement, permet d'identifier le type d'équipement



Le commutateur Ethernet

- ▶ Coût de 10 à 15000€ dépendant
 - Du nombre de port
 - Du type de port (pour paire torsadée ou fibre optique, débit...)
 - De sa robustesse au panne
 - De sa capacité à être gérable à distance
 - De sa capacité de services rendus
 - De sa capacité à être mis en rack dans une baie
 - ...

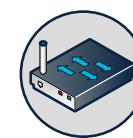
Les réseaux et équipements d'accès

110

Le point d'accès WiFi

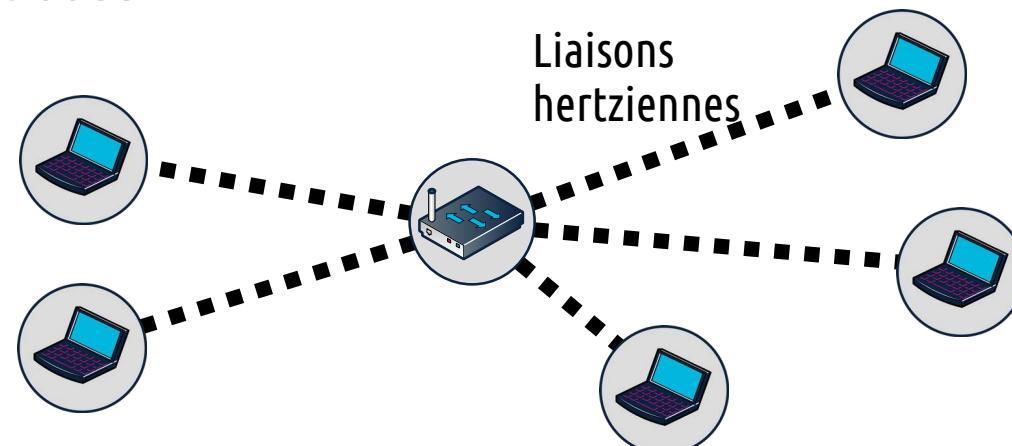
► Commutateur à 2 interfaces réseaux

- 1 ethernet
- 1 WiFi)



► Interconnexion en étoile

- Toutes les communications entre terminaux passent par le point d'accès



Les réseaux et équipements d'accès

111

Les normes et canaux WiFi

Norme	Débit max.*	Bandes fréquences
802.11n	600Mb/s	2,4 et 5Ghz
802.11ac	6Gb/s	5Ghz
802.ax	10Gb/s	2,4 et 5Ghz

*Le débit est dépendant de la distance entre les équipements, et du nombre de terminaux communicants

Bandes de fréquences	Nombres de canaux	Sans chevauchement	Portée moyenne en intérieur**
2,4Ghz	11	3	50m
5Ghz	25	25	35m

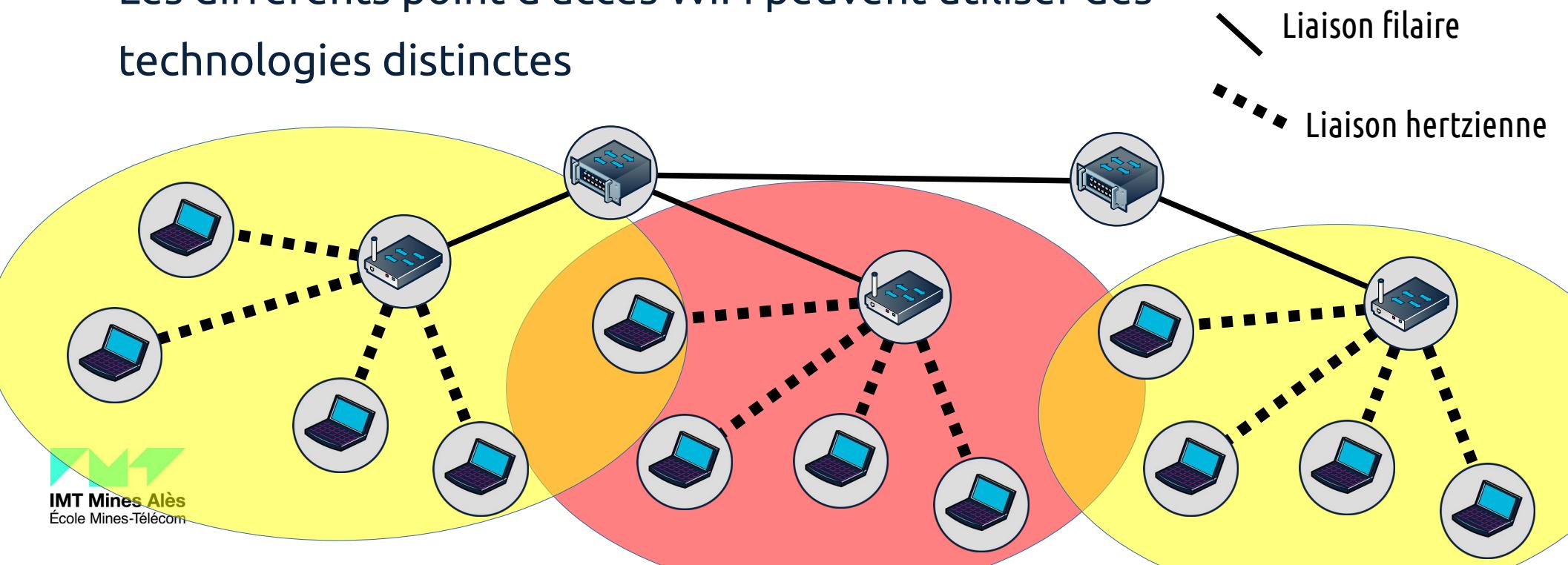
Les réseaux et équipements d'accès

112

L'interconnexion WiFi

► La solution pour repousser les limitations

- Interconnecter les points d'accès WiFi à des commutateurs Ethernet
- Les différents point d'accès WiFi peuvent utiliser des technologies distinctes



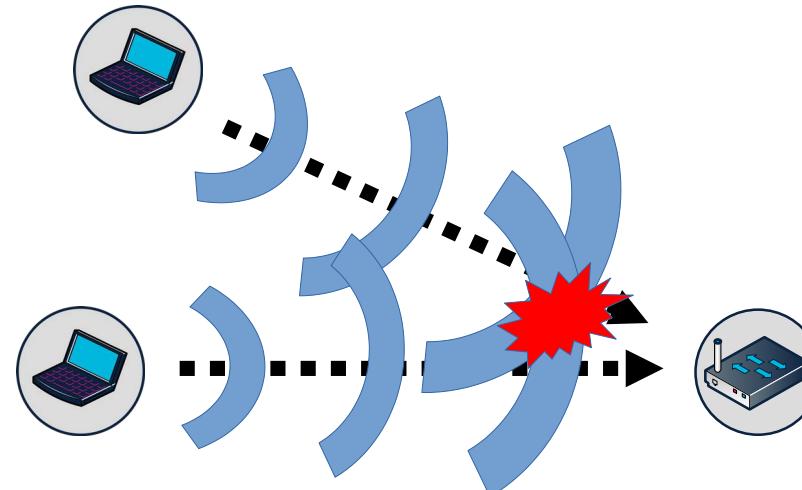
Les réseaux et équipements d'accès

113

L'interconnexion WiFi

► La transmission hertzienne est conflictuelle

- Deux paquets transmis simultanément sur la même fréquence radio rentrent en collision, et deviennent inexploitables
- Gestion des accès nécessaires
- Débit effectif dépendant du nombre de terminaux communicants



Les réseaux et équipements d'accès

114

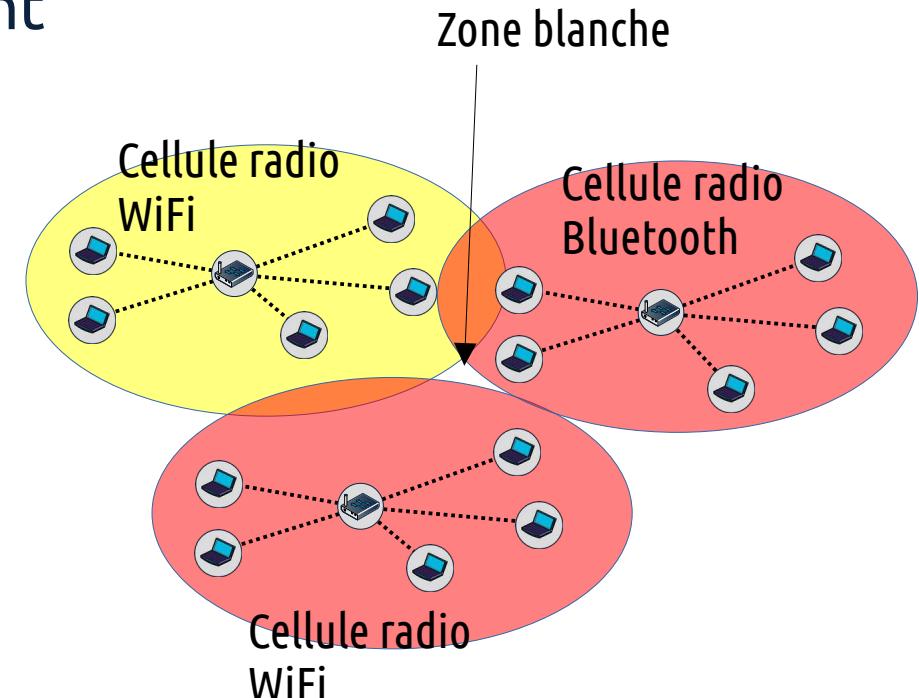
L'interconnexion WiFi

► La transmission hertzienne est conflictuelle

- Plusieurs cellules radio (de mêmes technologies ou de technologies différentes) peuvent se chevaucher, et donc interférer

► La réduction des conflits nécessitent

- De distancer les points d'accès WiFi
 - Mais pas trop pour éviter les zones blanches
- De choisir les technologies WiFi adéquates

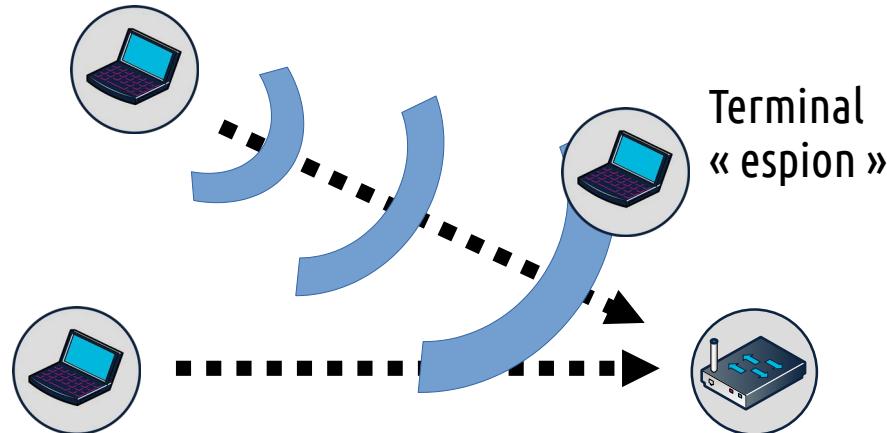


Les réseaux et équipements d'accès

115

La sécurité WiFi

- ▶ La transmission hertzienne n'est pas sécurisée
 - La captation par un terminal espion ne peut être évitée
 - Les transmissions doivent être chiffrées



La sécurité WiFi

► WEP

- Wired Equivalent Privacy
- Une clé de chiffrement unique pour tous les terminaux
- Chiffrement très vulnérable
- Failles nombreuses, donc usage totalement déconseillé

► WPA

- WiFi Protected Access
- Le chiffrement est plus sûr que le WEP
- Mais, encore de nombreuses failles, donc usage fortement déconseillé

La sécurité WiFi

► WPA2-Personnal (WPA-PSK)

- Une clé de chiffrement unique pour tous les terminaux
- Chiffrement plus fiable que WPA
- Encore des failles, mais usage possible

► WPA2-Enterprise (WPA-EAP)

- L'authentification est individualisée
- Le chiffrement est de même niveau que WPA2-PSK
- Usage fortement conseillé

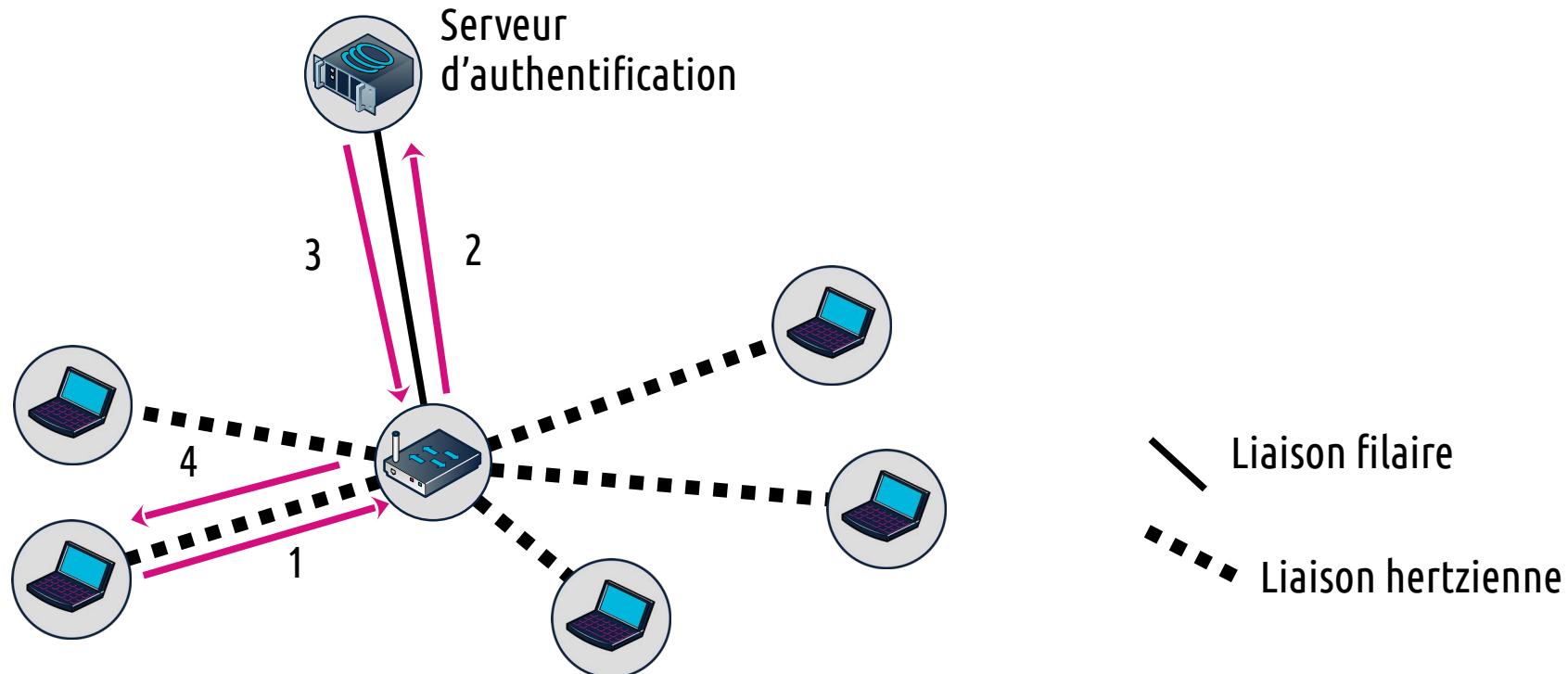
Les réseaux et équipements d'accès

118

La sécurité WiFi

► WPA2-EAP

- L'authentification passe par un serveur d'authentification



Les réseaux et équipements d'accès

119

Le point d'accès WiFi

- ▶ Coût de 25 à 2000€ dépendant de
 - La norme utilisée
 - De sa robustesse au panne
 - De sa robustesse mécanique (un point d'accès est exposé)
 - ...

Les réseaux et équipements d'accès

120

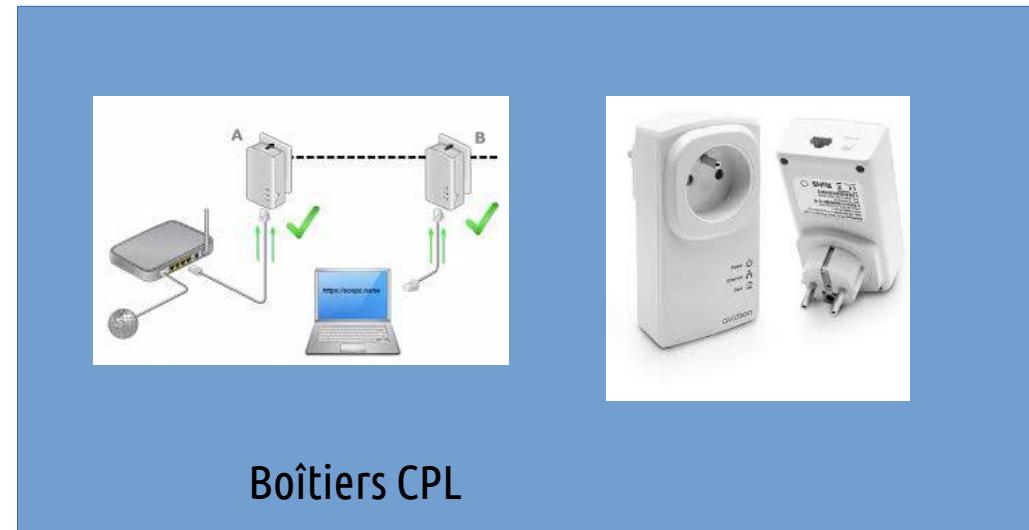
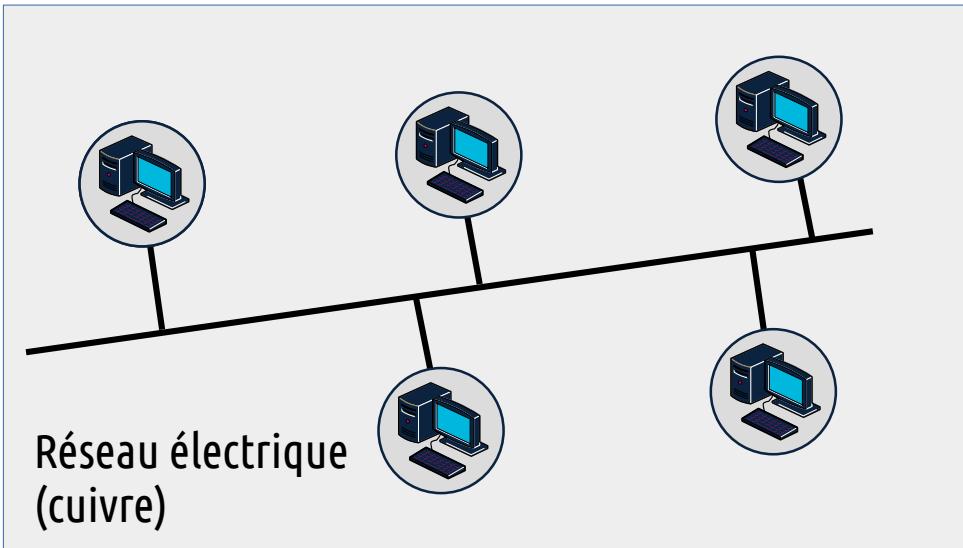
Le Courant Porteur en Ligne (CPL)

► Un boîtier (ou adaptateur) par accès

- 1 port
- 1 port « électrique »

► Interconnexion en « bus »

- Les communications transitent sur le réseau électrique



Les réseaux et équipements d'accès

121

L'interconnexion CPL

- ▶ Comme pour WiFi, l'accès au medium de communication est conflictuel
 - Gestion des accès nécessaires
 - Débit effectif dépendant du nombre de terminaux communicants, et de la qualité du réseau électrique
- ▶ La portée du réseau CPL est limitée par la taille du réseau électrique

Les réseaux et équipements d'accès

122

Les normes et limitations CPL

Norme	Débit max.*	Portée**
HomePlug AV	200Mb/s	300m ?
HomePlug AV2	500Mb/s	Moins que HomePlug AV
HomePlug AV2 MIMO	1Gb/s	Moins que HomePlug AV2
G.hn	2,4Gb/s	400m ?

*Le débit est dépendant du nombre de terminaux communicants, et de la qualité du réseau électrique

**La portée est dépendante de la qualité du réseau électrique, et est souvent convertie en m² de couverture

La sécurité CPL

- ▶ Plus sécurisé qu'un réseau WiFi
 - Même type de chiffrement que le WPA-PSK
 - L'accès au réseau électrique par un terminal « espion » est plus compliqué
- ▶ Moins sécurisé qu'un réseau Ethernet
 - Fuite des communications par le compteur électrique

Le CPL

► Coût de 25 à 150€ dépendant de

- La norme utilisée
- Du pack (achat par paire)
- ...

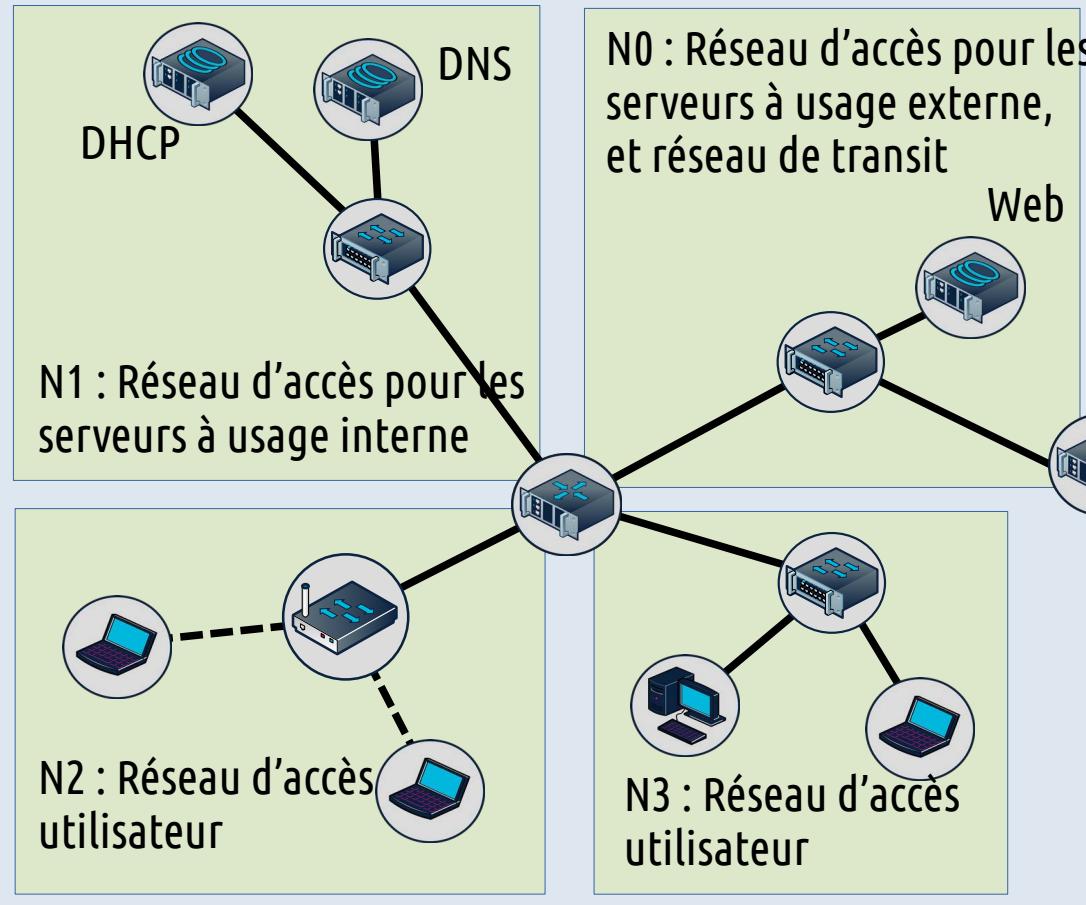
Les architectures

Les architectures

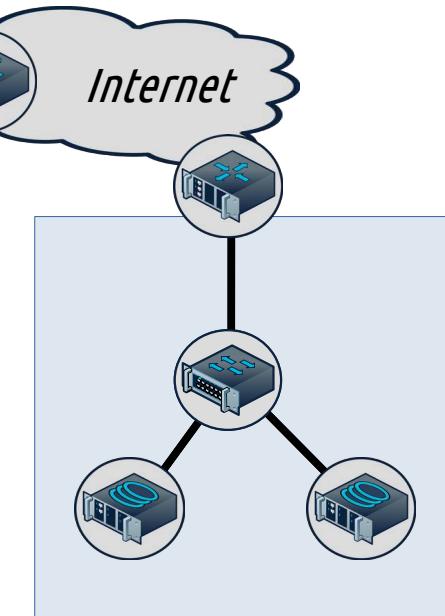
Cadre général d'une entreprise

126

Réseau local



Les réseaux N1 à N3 sont doublement protégés par le routeur de bordure et le routeur interne

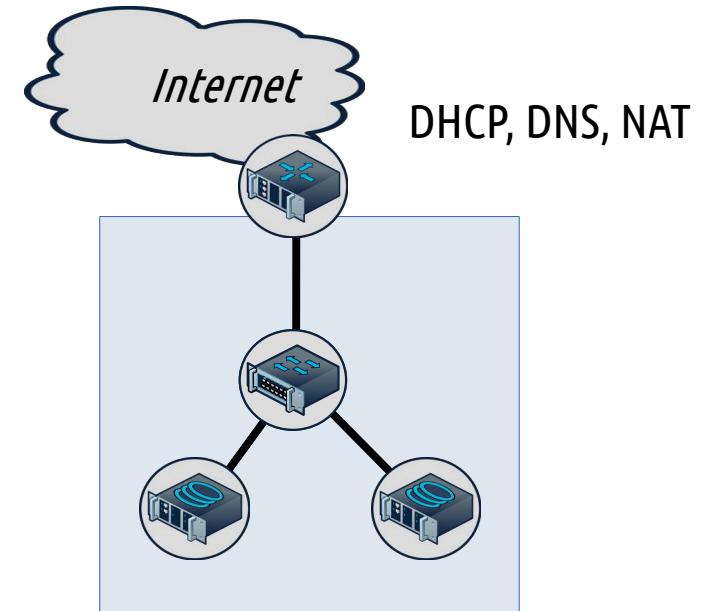


Les architectures

Cadre général d'une particulier

127

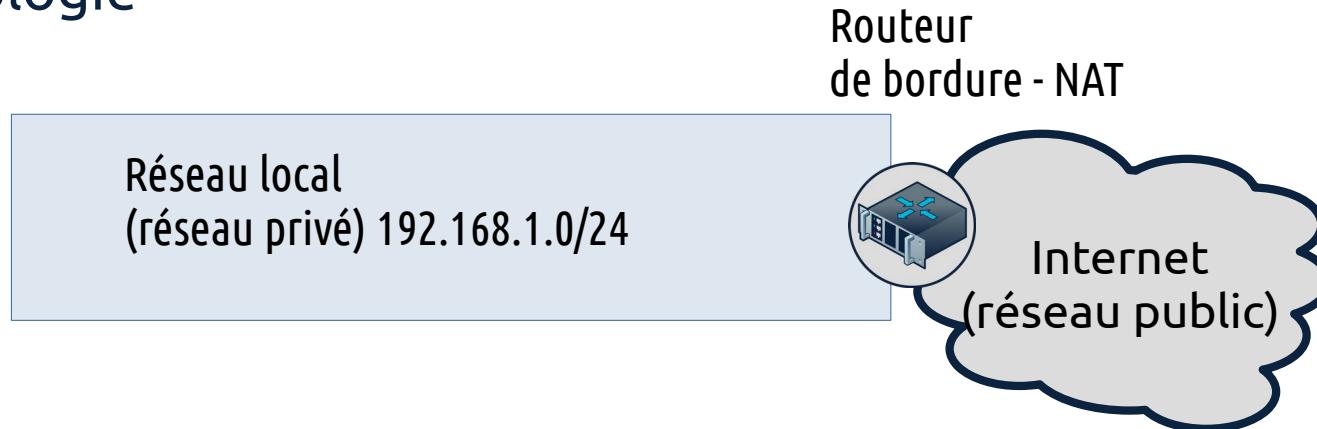
- ▶ Le routeur de bordure est un modem ADSL ou FTTH (Fiber To The Home)
- ▶ Le modem héberge les serveurs DNS, DHCP et NAT
 - Network Adress Translator



Cadre général d'une particulier

► NAT

- Translation des adresses privées en adresses publiques (et inversement) dans les routeurs de bordure
- Permet d'isoler le réseau local en ne propageant pas les adresses IP local dans Internet
- Permet de construire un réseau IP « sans limitation de taille » et de topologie



Les équipements hybrides

129

Le modem ADSL ou FTTH (Fiber To The Home)

- ▶ Il combine un routeur, commutateur Ethernet et point d'accès WiFi
- ▶ Exemple en photographie
- Les interfaces réseaux
 - 1 port fibre externe avec une adresse IP publique
 - 1 port virtuel interne avec une adresse IP privée
 - 1 port WiFi (non visible!) interne
 - 4 ports Ethernet internes
- Les ports Ethernet et le port WiFi sont commutés
- Les port fibre et virtuel
sont routés

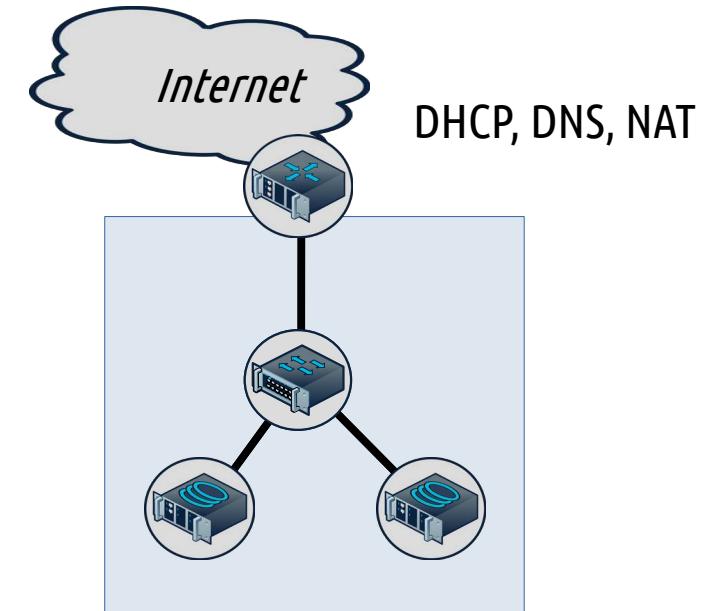


Les architectures

Cadre général d'une particulier

130

- ▶ Le routeur de bordure est un modem ADSL ou FTTH (Fiber To The Home)
- ▶ Le modem héberge les serveurs DNS, DHCP et NAT
 - Network Adress Translator



Les utilitaires

Les commandes en ligne

- ▶ ip (pour Linux) ou ipconfig (pour Windows)
 - outil de gestion des interfaces
- ▶ ping x.x.x.x
 - outil de diagnostic pour tester l'accessibilité de l'interface réseau d'adresse IP ou nom de domaine x.x.x.x
- ▶ traceroute -l x.x.x.x
 - outil de diagnostic pour identifier le parcours de transmission vers l'interface d'adresse IP ou nom de domaine x.x.x.x
- ▶ nslookup x.x.x.x ou dig x.x.x.x
 - outil d'identification des paramètres du nom de domaine x.x.x.x
 - fait appel au serveur DNS pour obtenir la conversion en adresse IP (et inversement)

Les utilitaires

133

Commande ip

```
(ymoret@Taranis)-[~]
$ ip address show
1: lo: <LOOPBACK,UP,LOWER_UP> mtu 65536 qdisc noqueue state UNKNOWN group default qlen 1000
    link/loopback 00:00:00:00:00:00 brd 00:00:00:00:00:00
        inet 127.0.0.1/8 scope host lo
            valid_lft forever preferred_lft forever
        inet6 ::1/128 scope host
            valid_lft forever preferred_lft forever
2: eno1: <BROADCAST,MULTICAST,UP,LOWER_UP> mtu 1500 qdisc fq_codel state UP group default qlen 1000
    link/ether c8:f7:50:fa:95:77 brd ff:ff:ff:ff:ff:ff
    altname enp0s31f6
        inet 159.31.103.159/22 brd 159.31.103.255 scope global noprefixroute eno1      eno1 : interface ethernet
            valid_lft forever preferred_lft forever
        inet6 fe80::2f30:ec3c:cc4a:272c/64 scope link noprefixroute
            valid_lft forever preferred_lft forever
3: wlp111s0: <BROADCAST,MULTICAST,UP,LOWER_UP> mtu 1500 qdisc noqueue state UP group default qlen 1000
    link/ether d4:3b:04:aa:7c:43 brd ff:ff:ff:ff:ff:ff
        inet 159.31.68.240/20 brd 159.31.79.255 scope global dynamic noprefixroute wlp111s0
            valid_lft 22480sec preferred_lft 22480sec
        inet6 fe80::7249:4a:d57d:f8c9/64 scope link noprefixroute
            valid_lft forever preferred_lft forever      wlp111s0 : interface WiFi
```

```
(ymoret@Taranis)-[~]
$
```

Les utilitaires

134

Commande ping

```
└─(ymoret@Taranis)-[~]
└─$ ping 159.31.100.1
PING 159.31.100.1 (159.31.100.1) 56(84) bytes of data.
64 bytes from 159.31.100.1: icmp_seq=1 ttl=254 time=1.01 ms
64 bytes from 159.31.100.1: icmp_seq=2 ttl=254 time=1.07 ms
64 bytes from 159.31.100.1: icmp_seq=3 ttl=254 time=0.998 ms
^C
--- 159.31.100.1 ping statistics ---
3 packets transmitted, 3 received, 0% packet loss, time 2003ms
rtt min/avg/max/mdev = 0.998/1.024/1.069/0.031 ms
```

Test positif

L'interface d'adresse 159.31.100.1
est accessible depuis l'équipement
Taranis

```
└─(ymoret@Taranis)-[~]
└─$ ping 159.31.100.2
PING 159.31.100.2 (159.31.100.2) 56(84) bytes of data.
From 159.31.103.159 icmp_seq=1 Destination Host Unreachable
From 159.31.103.159 icmp_seq=2 Destination Host Unreachable
From 159.31.103.159 icmp_seq=3 Destination Host Unreachable
From 159.31.103.159 icmp_seq=4 Destination Host Unreachable
^C
--- 159.31.100.2 ping statistics ---
7 packets transmitted, 0 received, +6 errors, 100% packet loss, time 6126ms
```

Test négatif

L'interface d'adresse 159.31.100.2
est inaccessible depuis l'équipement
Taranis

```
└─(ymoret@Taranis)-[~]
└─$
```

Les utilitaires

135

Commande ping

Le serveur DNS a déterminé que le serveur (ou son proxy) hébergeant la page www.mines-ales.fr a pour adresse 159.31.2.81

```
(ymoret@Taranis)-[~]
$ ping www.mines-ales.fr
PING www.mines-ales.fr (159.31.2.81) 56(84) bytes of data.
64 bytes from 159.31.2.81 (159.31.2.81): icmp_seq=1 ttl=61 time=3.51 ms
64 bytes from 159.31.2.81 (159.31.2.81): icmp_seq=2 ttl=61 time=4.61 ms
64 bytes from 159.31.2.81 (159.31.2.81): icmp_seq=3 ttl=61 time=4.60 ms
^C
--- www.mines-ales.fr ping statistics ---
3 packets transmitted, 3 received, 0% packet loss, time 2002ms
rtt min/avg/max/mdev = 3.508/4.238/4.608/0.516 ms
```

```
(ymoret@Taranis)-[~]
$
```

Les utilitaires

136

Commande traceroute

traceroute effectué depuis
le réseau WiFi « EMA »
(réseau local)

```
(ymoret@Taranis)-[~]
$ traceroute -I www.mines-ales.fr
traceroute to www.mines-ales.fr (159.31.2.81), 30 hops max, 60 byte packets
 1 _gateway (159.31.64.1)  4.436 ms  4.419 ms  4.414 ms
 2 aqueduc.mines-ales.fr (159.31.10.1)  4.328 ms  4.326 ms  4.322 ms
 3 159.31.2.79 (159.31.2.79)  4.397 ms  4.394 ms  4.390 ms
 4 159.31.2.81 (159.31.2.81)  5.080 ms  5.077 ms  5.073 ms
```

```
(ymoret@Taranis)-[~]
$
```

Les utilitaires

137

Commande nslookup/dig

```
└─(ymoret@Taranis)-[~]
$ dig www.mines-ales.fr

; <>> DiG 9.18.28-0ubuntu0.22.04.1-Ubuntu <>> www.mines-ales.fr
;; global options: +cmd
;; Got answer:
;; ->>HEADER<<- opcode: QUERY, status: NOERROR, id: 64058
;; flags: qr rd ra; QUERY: 1, ANSWER: 1, AUTHORITY: 0, ADDITIONAL: 1

;; OPT PSEUDOSECTION:
;; EDNS: version: 0, flags:; udp: 65494
;; QUESTION SECTION:
;www.mines-ales.fr.          IN      A

;; ANSWER SECTION:
www.mines-ales.fr.      2128    IN      A      159.31.2.81

;; Query time: 0 msec
;; SERVER: 127.0.0.53#53(127.0.0.53) (UDP)
;; WHEN: Wed Sep 25 16:46:56 CEST 2024
;; MSG SIZE  rcvd: 62
```

```
└─(ymoret@Taranis)-[~]
$
```

Les utilitaires

138

Commande nslookup/dig

```
(ymoret@Taranis)-[~]
$ dig www.google.com

; <>> DiG 9.18.28-0ubuntu0.22.04.1-Ubuntu <>> www.google.com
;; global options: +cmd
;; Got answer:
;; ->>HEADER<<- opcode: QUERY, status: NOERROR, id: 57470
;; flags: qr rd ra; QUERY: 1, ANSWER: 1, AUTHORITY: 0, ADDITIONAL: 1

;; OPT PSEUDOSECTION:
;; EDNS: version: 0, flags:; udp: 65494
;; QUESTION SECTION:
;www.google.com.           IN      A

;; ANSWER SECTION:
www.google.com.        234    IN      A      142.250.201.4

;; Query time: 8 msec
;; SERVER: 127.0.0.53#53(127.0.0.53) (UDP)
;; WHEN: Wed Sep 25 15:42:20 CEST 2024
;; MSG SIZE  rcvd: 59
```

```
(ymoret@Taranis)-[~]
$
```

Les utilitaires

Commande traceroute

```
(ymoret@Taranis)-[~]
$ traceroute -I www.mines-ales.fr
traceroute to www.mines-ales.fr (159.31.2.81), 30 hops max, 60 byte packets
 1 _gateway (192.168.43.1)  108.267 ms  108.385 ms  108.535 ms
 2 255.0.0.0 (255.0.0.0)  212.959 ms  221.845 ms  222.022 ms
 3 * * *
 4 255.0.0.1 (255.0.0.1)  227.430 ms  227.426 ms  229.348 ms
 5 255.0.0.2 (255.0.0.2)  224.466 ms  224.787 ms  224.782 ms
 6 255.0.0.3 (255.0.0.3)  229.306 ms  63.618 ms  63.932 ms
 7 255.0.0.4 (255.0.0.4)  63.843 ms  34.629 ms  229.353 ms
 8 10.216.18.65 (10.216.18.65)  228.626 ms  226.730 ms  235.854 ms
 9 ae31-760.ngenearr02.rbc1.orange.net (81.253.184.254)  226.275 ms  223.702 ms  223.651 ms
10 ae30-0.ncidf304.rbc1.orange.net (193.251.110.49)  262.066 ms  262.733 ms  242.724 ms
11 ae42-0.niidf302.rbc1.orange.net (193.252.159.153)  241.629 ms  242.320 ms  237.058 ms
12 193.252.137.78 (193.252.137.78)  41.381 ms  42.711 ms  62.811 ms
13 * * *
14 be3626.ccr42.par01.atlas.cogentco.com (130.117.1.45)  56.247 ms  39.681 ms  44.666 ms
15 be2780.ccr32.mrs02.atlas.cogentco.com (154.54.72.226)  54.789 ms  63.838 ms  64.144 ms
16 be3147.rcr71.b015654-2.mrs02.atlas.cogentco.com (154.54.76.118)  62.711 ms  66.592 ms  71.583 ms
17 geant.demarc.cogentco.com (149.6.155.234)  81.433 ms  99.676 ms  90.398 ms
18 hu0-5-0-40-ren-nrg-montpellier-rtr-091.noc.renater.fr (193.51.180.101)  85.334 ms  75.116 ms  67.101 ms
19 193.55.200.141 (193.55.200.141)  65.059 ms  65.064 ms  63.713 ms
20 * * *
...
25 * * *
26 193.50.77.14 (193.50.77.14)  260.415 ms  256.034 ms  255.950 ms
27 pont-du-gard.mines-ales.fr (159.31.1.1)  255.924 ms  255.902 ms  255.859 ms
28 pont-du-gard.mines-ales.fr (159.31.1.1)  255.832 ms  254.651 ms  62.368 ms
29 159.31.2.81 (159.31.2.81)  72.889 ms  73.433 ms  74.560 ms
```

traceroute effectué depuis
un réseau externe de l'école

```
(ymoret@Taranis)-[~]
```

Compléments de cours

- ▶ Certification et cours en ligne → Plateforme NetAcad
 - Prévoir 22h en supplément des cours officiels
 - Certificat en complément au diplôme
 - Contactez moi si vous êtes intéressé pour l'obtention de la certification