



Cours 1 : Généralités sur la couche réseau et sur la couche réseau de l'Internet

Module R4 : Technologie IP
 IUT R&T 1^{ère} année

David Mercier

1



Rappel : le modèle en couche OSI

7	Application
6	Présentation
5	Session
4	Transport
3	Réseau
2	Liaison de données
1	Physique

Dans la pratique, regrouper en une couche dite « application »

Objets du module R4
 • Généralités
 • Application Internet (IP / TCP UDP)

chargée de la transmission effective des signaux électriques ou optiques

Chargée de délimiter les trames dans un flot de bits continu

Le modèle de référence OSI

2



Plan

- La couche réseau : généralités
- La couche réseau de l'Internet

3



Plan

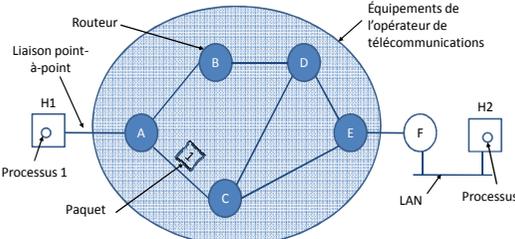
- La couche réseau : généralités
- La couche réseau de l'Internet

4



Introduction

Environnement de protocoles de la couche réseau



Couche réseau se charge d'acheminer les paquets tout au long du parcours

5



Principal rôle de la couche réseau

Construire une voie de communication de **bout en bout** à partir des voies de communication avec ses voisins directs.

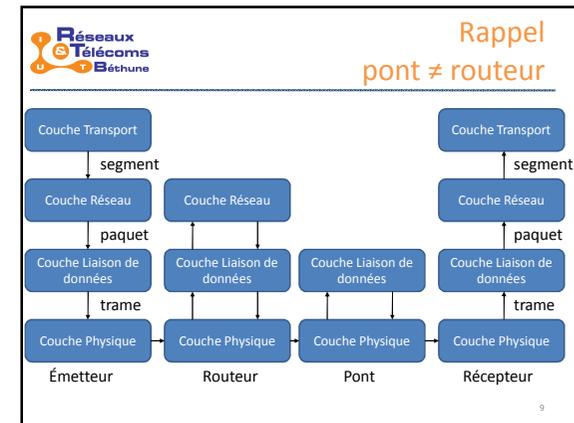
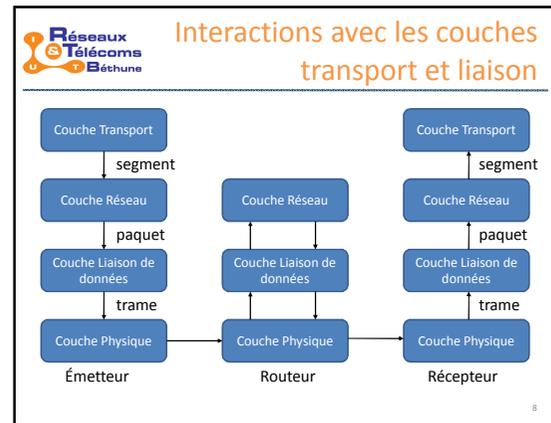
- **Bout en bout** : prise en charge totale de la source jusqu'au destinataire
- Ses apports fonctionnels principaux sont donc:
 1. Le **routing** : détermination d'un chemin permettant de relier les deux machines distantes;
 2. La **retransmission** d'un paquet dont la destination n'est pas locale

6

Interactions avec les couches transport et liaison

Sur la machine source	Sur chaque machine intermédiaire (routeur)	Sur la machine destination
<ul style="list-style-type: none"> la couche réseau récupère des messages de la couche transport, pour chaque message, elle construit un ou plusieurs paquets, la couche réseau envoie chaque paquet à la couche liaison. 	<ul style="list-style-type: none"> la couche réseau récupère les paquets de la couche liaison, pour chacun d'eux, elle construit un nouveau paquet, la couche réseau envoie chaque paquet à la couche liaison. 	<ul style="list-style-type: none"> la couche réseau récupère des données de la couche liaison, Elle extrait les données de chaque paquet et les envoie à la couche transport

7



Synthèse des services offerts à la couche transport

- Mise en place des connexions de réseau pour acheminer les paquets
- Adressage logique universel
- Assurer le routage des paquets
- Multiplexage des connexions réseau (utilisation d'une connexion par plusieurs applications)
- Prise en charge de la segmentation/assemblage
- Détection de perte, d'erreurs sur les paquets, demande de reprise pour les paquets perdus
- Maintenance des paquets en séquence
- Contrôle de flux
- Expédition de paquets express
- Prise en charge de la réinitialisation des connexions de réseau
- Mise en place de choix sur la qualité de service
- Contrôle de congestion

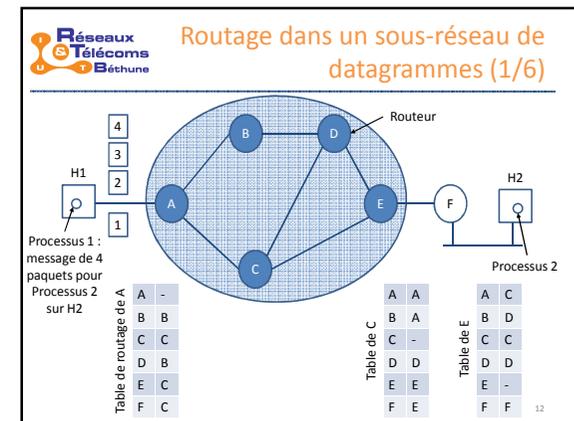
10

Services fournis à la couche transport

Avec ou sans connexion

Service sans connexion	Service avec connexion
<ul style="list-style-type: none"> Point de vue de la communauté Internet Chaque paquet <ul style="list-style-type: none"> est transporté de façon indépendante comprend l'adresse de destination est appelé datagramme (par analogie avec le télégramme) Une route est calculée pour chaque paquet Le sous-réseau est peu fiable : reporter le contrôle d'erreur et de flux plus haut (routeurs transfèrent des paquets et c'est tout...) Analogie avec lettre postale 	<ul style="list-style-type: none"> Point de vue des opérateurs de télécommunications Une connexion <ul style="list-style-type: none"> doit être établie préalablement à tout envoi entre deux machines. est appelée circuit virtuel (CV) (par analogie avec les circuits physiques du système téléphonique) Chaque paquet comprend le numéro du circuit virtuel. Service fiable Une route est calculée à chaque connexion Analogie avec le téléphone

11



Routage dans un sous-réseau de datagrammes (2/6)

Processus 1 : message de 4 paquets pour Processus 2 sur H2

Table de routage de A

A	-
B	B
C	C
D	B
E	C
F	C

Table de C

A	A
B	A
C	-
D	D
E	E
F	E

Table de E

A	C
B	D
C	C
D	D
E	-
F	F

13

Routage dans un sous-réseau de datagrammes (3/6)

Processus 1 : message de 4 paquets pour Processus 2 sur H2

Table de routage de A

A	-
B	B
C	C
D	B
E	C
F	C

Table de C

A	A
B	A
C	-
D	D
E	E
F	E

Table de E

A	C
B	D
C	C
D	D
E	-
F	F

14

Routage dans un sous-réseau de datagrammes (4/6)

Processus 1 : message de 4 paquets pour Processus 2 sur H2

Table de routage de A

A	-
B	B
C	C
D	B
E	C
F	C

Table de C

A	A
B	A
C	-
D	D
E	E
F	E

Table de E

A	C
B	D
C	C
D	D
E	-
F	F

15

Routage dans un sous-réseau de datagrammes (5/6)

Processus 1 : message de 4 paquets pour Processus 2 sur H2

Table de routage de A

A	-
B	B
C	C
D	B
E	B
F	B

Table de C

A	A
B	A
C	-
D	D
E	E
F	E

Table de E

A	C
B	D
C	C
D	D
E	-
F	F

Modification (peut être suite à congestion sur ACE)

16

Routage dans un sous-réseau de datagrammes (6/6)

Processus 1 : message de 4 paquets pour Processus 2 sur H2

Table de routage de A

A	-
B	B
C	C
D	B
E	B
F	B

Table de C

A	A
B	A
C	-
D	D
E	E
F	E

Table de E

A	C
B	D
C	C
D	D
E	-
F	F

Modification (peut être suite à congestion sur ACE)

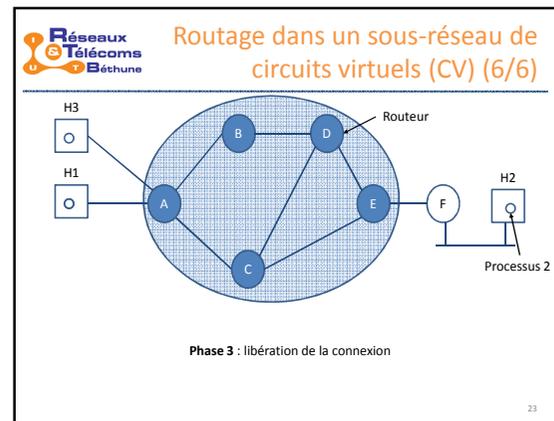
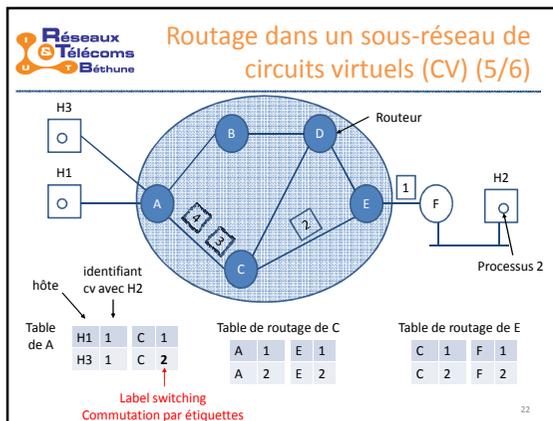
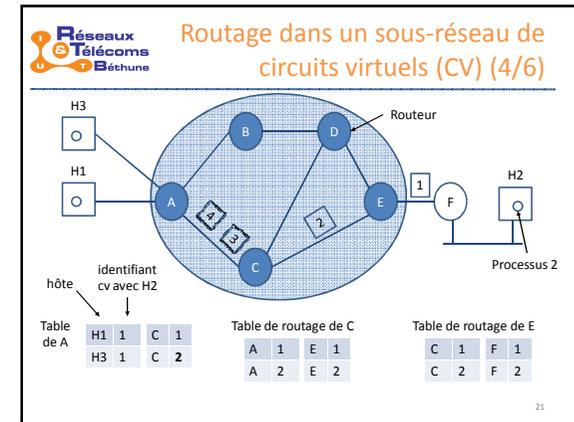
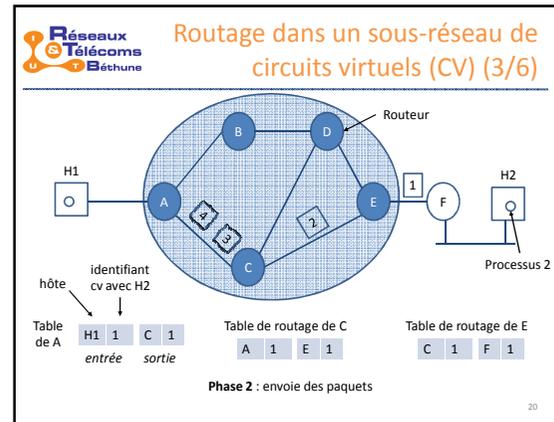
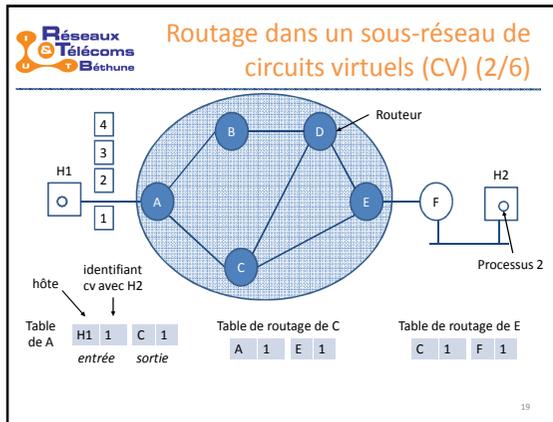
17

Routage dans un sous-réseau de circuits virtuels (CV) (1/6)

Processus 1 : message de 4 paquets pour Processus 2 sur H2

Phase 1 : établissement d'un circuit virtuel

18



Comparaison

Aspect	Datagrammes	Circuits virtuels
Phase d'établissement	Non nécessaire	Requise
Adressage	Chaque paquet contient les adresses complètes de la source et de la destination	Chaque connexion requiert des informations d'identification de circuit dans la table de routage. Besoin d'une adresse universelle au moment de l'établissement de la connexion
Routage	Chaque paquet est routé indépendamment	La route est choisie lors de l'établissement du CV et suivie par tous les paquets
Impact d'une panne de routeur	Limité aux paquets perdus au moment de l'incident	Tous les CV passant par le routeur sont supprimés
Qualité de service	Difficile	Facile si suffisamment de ressources
Contrôle de congestion	Difficile	Facile si suffisamment de ressources

24

Réseaux Télécoms Bézoune

Synthèse première partie

- Tâche principal couche réseau : router des paquets d'une source vers une destination.
- Pour cela, elle peut s'appuyer sur des **circuits virtuels** ou des **datagrammes**.
 - CV : décision de routage prise au moment de l'établissement de la connexion.
 - Datagrammes : décision de routage prise pour chaque paquet.
- De nombreux algorithmes de routage existent : il seront abordés dans le **cours 2**.

25

Réseaux Télécoms Bézoune

Plan

- **La couche réseau : généralités**
- La couche réseau de l'Internet

26

Réseaux Télécoms Bézoune

Plan

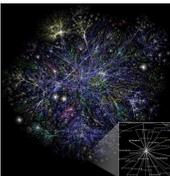
- La couche réseau : généralités
- **La couche réseau de l'Internet**

27

Réseaux Télécoms Bézoune

Internet Historique

- 1969 **ARPANET** (*Advanced Research Projects Agency Network*), premier réseau à transfert de paquets développé aux États-Unis par la DARPA (*Defense Advanced Research Projects Agency*), 2 puis 4 noeuds :
 - UCLA : Université de Californie à Los Angeles
 - SRI : Institut de recherche de Stanford
 - UCSB : Université de Californie à Santa Barbara
 - Université d'Utah
- 1974 création de TCP
- 1977 naissance réelle d'Internet comme un réseau utilisant TCP
- 1980 MILNET militaire (deviendra DDN), NSFnet universitaire
- (1981 apparition du Minitel en France)
- 1982 Naissance du mot Internet
- 1983 Tous les serveurs utilisent les protocoles TCP IP UDP
- 1984 Introduction du DNS, premier Macintosh d'Apple.
- 1984 DDN et NSFnet : 4 millions de noeuds et 1 000 ordinateurs reliés à travers le monde.
- 1989 100 000 ordinateurs
- 1990 début de l'Internet d'aujourd'hui : www, ftp, http, ...
- 2005 1 milliard d'utilisateurs dans le monde

28

Réseaux Télécoms Bézoune

Internet Principaux organismes à ce jour (1/2)

- **ICANN (Internet Corporation for Assigned Names and Numbers)** autorité de régulation de l'Internet. Notamment :
 - alloue les espaces d'adresses IP ;
 - attribue les identificateurs de protocole (ex : ports TCP/UDP) ;
 - gère le système de nom de domaine de premier niveau pour les codes génériques (**gTLD**) (.arpa .mil .edu .com ...) et les codes nationaux (**ccTLD**) (.fr .uk .de .us ...);
 - Fondée en 1998. Sous tutelle du ministère du commerce américain
 - IANA (Internet Assigned Numbers Authority) : composante de l'ICANN
- En pratique : droit de délégation sur la vente de noms de domaine de premier niveau :
 - **NIC (Network Information Center)** exemples : **AFNIC : .fr .re .tf**
EURid : .eu ; DENIC : .de ; Verisign : .com .net ; Nominet : .uk
- **IETF (Internet Engineering Task Force)**, *Détachement d'ingénierie d'Internet*, groupe informel international, élabore des standards pour l'Internet (rédige des RFC).

29

Réseaux Télécoms Bézoune

Internet Principaux organismes à ce jour (2/2)

- **W3C (World Wide Web Consortium)**
 - Fondé en 1994.
 - Consortium chargé de promouvoir la compatibilité des technologies du web telles que HTML, XHTML, XML, CSS, PNG, SOAP...
 - N'émet pas de normes.
 - Émet des recommandations à valeur de standards industriels.



30

Réseaux Télécoms Béthune

Jon Postel (1943-1998)

Source wikipédia



- un des principaux contributeurs à la création d'Internet et aux protocoles TCP/IP.
- éditeur des RFC (Request for Comments), série de documents visant à établir les standards Internet de l'IETF.

- premier membre de l'Internet Society
- responsable de l'IANA, l'organisation gérant l'allocation des adresses IP sur Internet.
- phrase célèbre :
Be liberal in what you accept, and conservative in what you send

31

Réseaux Télécoms Béthune

Tim Berners-Lee (1955-)

Source wikipédia

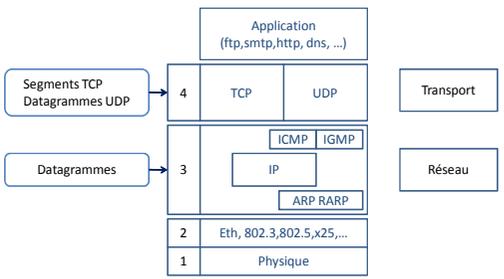


- Considéré comme le co-inventeur avec Robert Cailliau du World Wide Web d'aujourd'hui (URL, HTTP, HTML,... premier navigateur web).
- Il préside aujourd'hui le World Wide Web Consortium (W3C).

32

Réseaux Télécoms Béthune

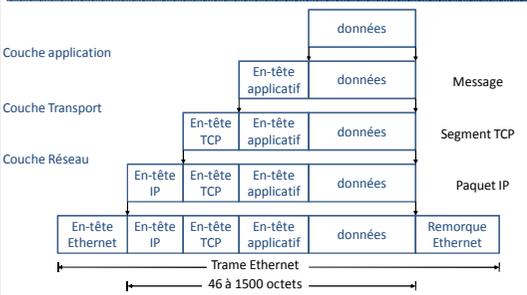
Modèle TCP/IP (Internet)



33

Réseaux Télécoms Béthune

Exemple d'encapsulation



34

Réseaux Télécoms Béthune

IP - Internet Protocol -

Le protocole IP fonctionne en mode **non connecté** :

- il n'y a donc ni établissement ni libération de connexion ;
- chaque paquet IP (datagramme IP) est envoyé indépendamment des autres paquets et contient donc toujours l'adresse IP du destinataire ;
- l'ordre des paquets n'est pas forcément préservé à l'arrivée.

35

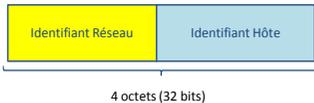
Réseaux Télécoms Béthune

Remarques

- L'adresse IP est l'adresse d'un accès à un réseau.
- Une machine peut avoir plusieurs adresses IP (routeurs, passerelles, ...).

36

Adresses IP (IPv4)



4 octets (32 bits)

- Adressage hiérarchique codé sur 4 octets et composé de deux champs.
- Usuellement représentée sous la forme de 4 nombres décimaux séparés par des points (notation décimale pointée).
 - Exemple : 172 . 31 . 25 . 9



octet 1 octet 2 octet 3 octet 4

AC 1E 19 09

Classes d'adresse

- Il existe **5 classes** d'adresses IP (A, B, C, D et E).
- Les adresses de classe A, B et C sont composées :
 - d'une partie **identifiant le réseau** ;
 - d'une partie **identifiant la machine** au sein du réseau.
- Les machines d'un même réseau partagent la même partie de l'adresse identifiant le réseau.
- En fonction de la taille du réseau, une adresse de classe A, B ou C est utilisée.
- La classe D est utilisée pour faire du **multicasting** (datagrammes envoyés à un groupe d'ordinateurs **≠broadcasting**).
- La classe E est réservée pour la recherche.

Les 5 classes d'adresses IPv4

	octet 1	octet 2	octet 3	octet 4
Classe A	0			
Identifiant réseau : 1 octet commençant par 0				
Classe B	1 0			
Identifiant réseau : 2 octets commençant par 10				
Classe C	1 1 0			
Identifiant réseau : 3 octets commençant par 110				
Classe D	1 1 1 0			
Identifiant de groupe multicast				
Classe E	1 1 1 1 0			
(Réservé à la recherche)				

Cas particuliers

- Une adresse avec un **identifiant hôte** où tous les bits sont **égaux à 1** identifie **l'ensemble des machines sur un réseau** (adresse de **broadcast/diffusion**).
- Exemple : Adresse de **broadcast** ou de **diffusion** d'un réseau de classe A



126.255.255.255 adresse de broadcast du réseau 126.0.0.0
- Une adresse avec un **identifiant hôte** où tous les bits sont **égaux à 0** identifie **un réseau**.
- Exemple : Adresse du réseau de classe A précédent



126.0.0.0

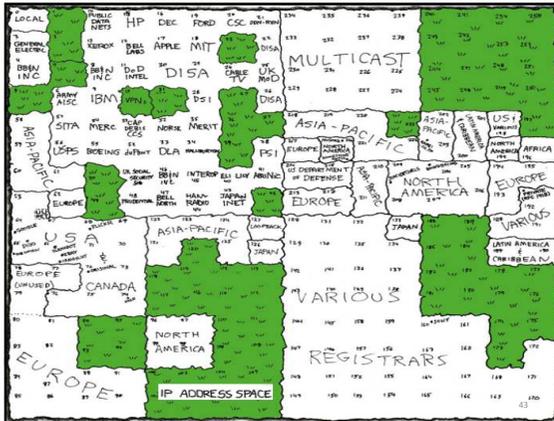
Les adresses de classes A, B et C

Classe A	0			
Première adresse : 0.0.0.0		Première hôte : 0.0.0.1		
Dernière adresse : 127.255.255.255		Dernière hôte : 127.255.255.254		
2 ⁷ -2=126 Réseaux de =2 ²⁴ hôtes		127.0.0.0 réservé pour boucle locale 0.0.0.0 désigne la machine (src). Réseau privé : 10.0.0.0		
Classe B	1 0			
Première adresse : 128.0.0.0		Première hôte : 128.0.0.1		
Dernière adresse : 191.255.255.255		Dernière hôte : 191.255.255.254		
2 ¹⁴ Réseaux de =2 ¹⁶ hôtes		Réseaux privés : 172.16.0.0 à 172.31.0.0		
Classe C	1 1 0			
Première adresse : 192.0.0.0		Première hôte : 192.0.0.1		
Dernière adresse : 223.255.255.255		Dernière hôte : 223.255.255.254		
2 ²¹ Réseaux de 2 ⁸ -2=254 hôtes		Réseaux privés : 192.168.0.0 à 192.168.255.0		

Un autre exemple

Un réseau de classe C

- Adresse réseau : **192.168.42.0**
- Adresse de diffusion : **192.168.42.255**
- Première adresse de machine : **192.168.42.1**
- Dernière adresse de machine : **192.168.42.254**



Réseaux Télécoms Béthune Comment un poste reçoit une adresse IP ?

- **Codée en dur** par l'administrateur dans un fichier
 - Win : connexions réseau | clic droit sur connexion | propriétés | tcp/ip | propriétés
 - Unix : /etc/rc.config
 - Linux : /etc/sysconfig/network-scripts/*
- **Acquise dynamiquement** à partir d'un serveur DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol)
 - plus de détail dans le **cours 3** -

Réseaux Télécoms Béthune Comment un FAI obtient-il un bloc d'adresses ?

- Revoir les transparents précédents de ce cours si vous ne savez pas répondre à cette question...

Réseaux Télécoms Béthune Problème de cette classification

- Le gaspillage des adresses IP
- Exemple : une entreprise ayant besoin de 1000 PC connectés :
 - Classe C (254 hôtes) : ne suffit pas.
 - Classe B (65534 hôtes) : gaspillage...

Réseaux Télécoms Béthune CIDR : Classless Interdomain Routing

- **Plan d'adressage pour l'Internet** permettant une allocation plus efficace des adresses IP par rapport au système de classes A, B et C.
- Utilisation de **masques de sous-réseau** pour identifier la partie réseau et la partie hôte :
 - longueur de la partie réseau de l'adresse est arbitraire
 - format d'adresse : **a.b.c.d / x**, avec x un masque de sous réseau identifiant le nombre de bits dans la portion réseau de l'adresse

Réseaux Télécoms Béthune Masque de sous-réseau Définition

- **Masque de sous-réseau** indique le nombre de bits d'une adresse IPv4 utilisés pour identifier le sous-réseau.
- **Exemple** : 19 premiers bits de l'adresse concernent le sous-réseau (et les 13 bits restants concernent la partie hôte) :
 - Masque sous format binaire
 - 11111111.11111111.11100000.00000000
 - Masque en notation décimale
 - 255.255.224.0
 - Masque en notation CIDR ("/")
 - /19

Réseaux Télécoms Béthune Masque de sous-réseau
Calcul de l'adresse réseau et hôte d'une adresse IP

- Adresse réseau : adresse AND masque
- Adresse hôte : adresse AND NOT(masque)
- Adresse réseau + adresse hôte = adresse IP
- Exemple : adresse **194.57.85.40/20** indique :
 - **IP** 194.57.85.40 (194.57.0101 0101.40)
 - **Masque** 255.255.240.0 (255.255.1111 0000.0)
 - **Sous-réseau** 194.57.80.0 = IP AND Masque
 - **Hôte** 0.0.5.40

49

Réseaux Télécoms Béthune NAT : Network Address Translation

- Une autre technique prolongeant la vie de l'adressage IPv4 en attendant IPv6 : la **traduction d'adresse source**.
- **Principe :**
 - Un réseau local séparé du réseau Internet par un routeur (passerelle) qui utilise juste un adresse IP.
 - Quand le réseau local communique avec l'extérieur : une adresse IP commune à tous les hôtes du réseau local est utilisée.
 - À l'intérieur du réseau local :
 - on peut changer les adresses des périphériques en avertir le reste du monde
 - on peut changer de FAI sans bouleverser l'adressage au sein du réseau local
 - Les hôtes sont «invisibles» de l'extérieur (un plus de sécurité).

50

Réseaux Télécoms Béthune Exemple

Tous les datagrammes quittant le réseau local ont la même et unique adresse IP source NAT: **193.154.5.1**
Comment différencier les émetteurs ?
Ces datagrammes ont des numéros de ports sources différents... (la suite dans un prochain cours)

51

Réseaux Télécoms Béthune La suite...

- Prochain cours : le **routing**

52