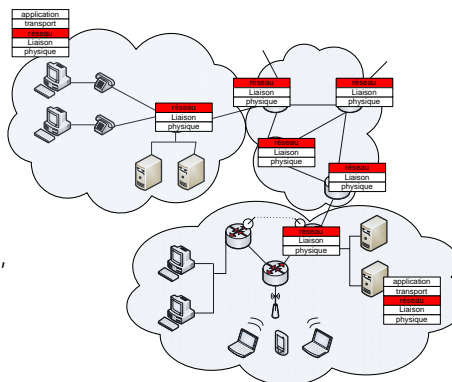


La couche Réseau

Adlen Ksentini

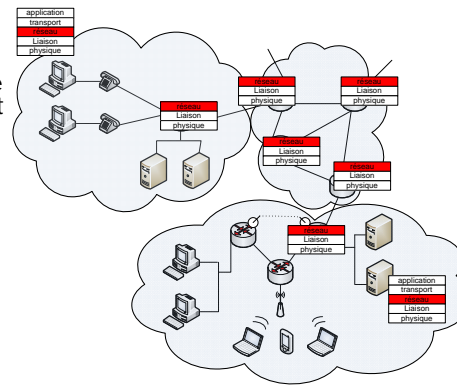
La couche Réseau

- Assure le transport d'un datagramme entre un émetteur et un (ou plusieurs) récepteur(s)
- Utilise des adresses logiques : adresse IP
- Du côté émetteur, le segment (TCP ou UDP) est encapsulé dans un datagramme, puis découpés en paquets
- Du côté récepteur, les paquets sont ré-assemblés, puis le segment est délivré à la couche Transport



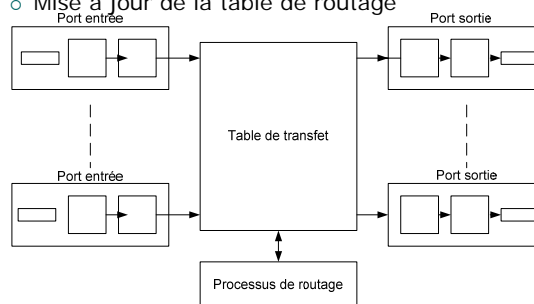
La couche Réseau

- Le protocole IP de la couche Réseau est présent sur tous les hôtes, et tous les routeurs
- Chaque routeur examine l'adresse de destination de l'en-tête de chaque paquet
 - Pour choisir le prochain routeur

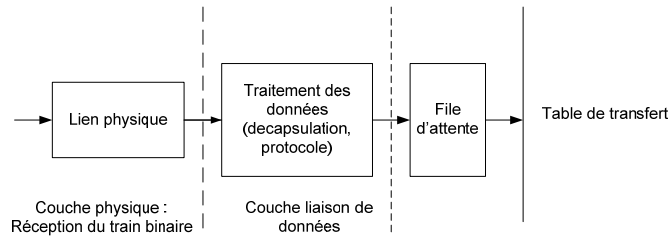


Architecture d'un routeur

- Deux fonctions principales
 - Transférer les paquets d'une interface vers une autre. (datagram forwarding)
 - Utilise une table de routage
 - Exécuter un algorithme de routage (RIP, OSPF, BGP)
 - Mise à jour de la table de routage

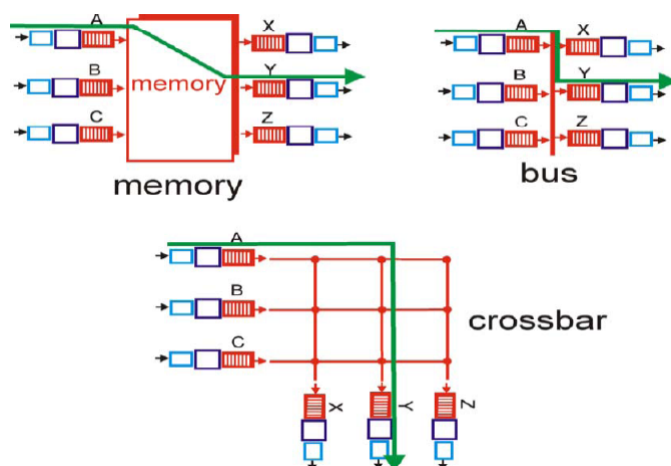


Fonctionnalités du port d'entrée



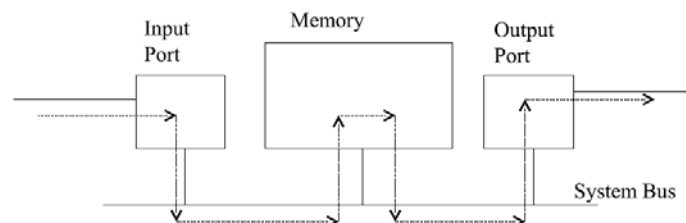
- Traitement décentralisé sur chaque port
- Mise en file d'attente : si le datagramme IP arrive plus rapidement que la capacité de transfert des données

Fonction de transfert



Transfert via la mémoire

- Routeurs de première génération
 - Fonctionne comme un ordinateur faisant office de routeur => sous le contrôle de la CPU
 - Paquet copié dans la mémoire du système
 - Vitesse limitée par la bande passante de la mémoire.



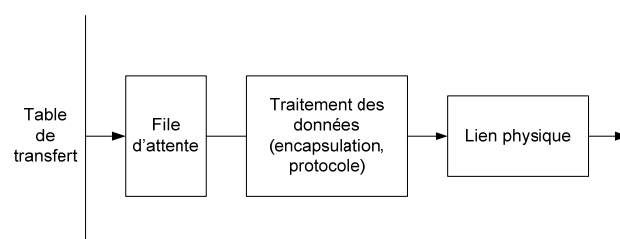
Transfert via un bus

- Les paquets vont du port d'entrée vers le port de sortie à travers un bus partagé (DMA : "Direct memory access")
- La vitesse de transfert limitée par la bande passante du bus
- Oq Gbit/s sont suffisants pour un transfert dans le cadre d'un réseau d'accès (ni régional ni de cœur)

Transfert via réseau d'interconnexion

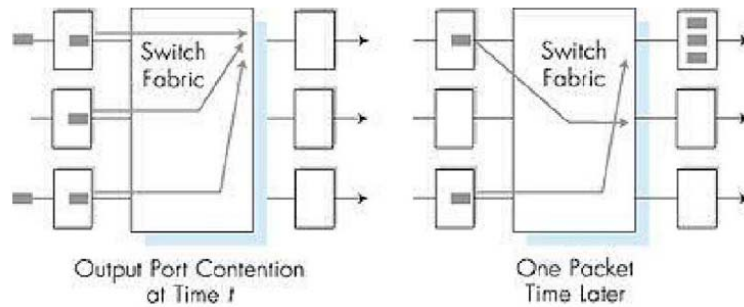
- Moins de limitations de la bande passante :
 - Plusieurs transferts en parallèle
 - Réseau d'interconnexion, initialement conçu pour connecter les processeurs d'un système multiprocesseurs
- Transfert en Tbit/s

Port de sortie



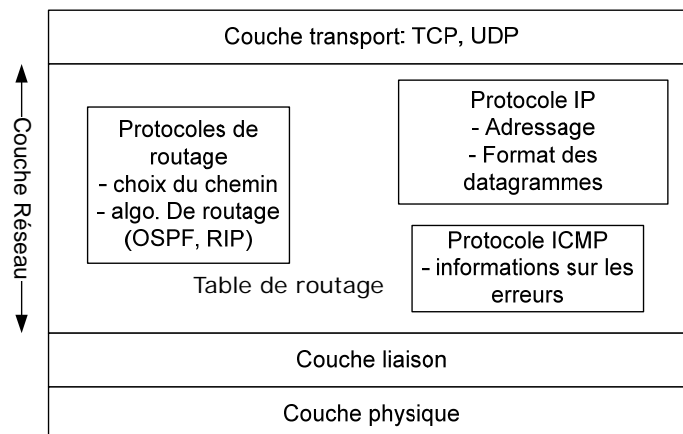
- Mise en file d'attente lorsque les paquets IP arrivent avec une vitesse plus élevée que la vitesse de la ligne de sortie
- Discipline d'ordonnement des paquets
 - Fifo, à priorité, "weighted fair queuing", etc.
- Gestion des débordements de la file
 - "Drop tail", RED, etc.

Port de sortie : file d'attente



- Délai dans la file d'attente et pertes causées par le dépassement de la taille du buffer de sortie

Couche réseau : Internet

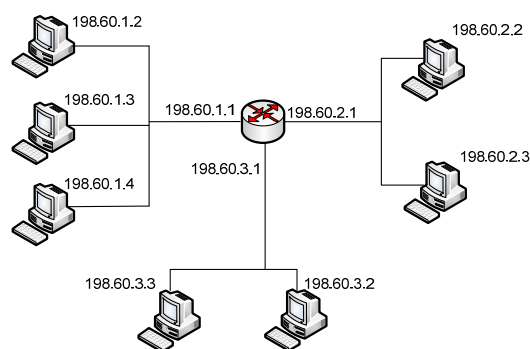


- Hôte, routeur : fonctionnalité de la couche réseau

Adressage IP

- Une adresse IP : 32 bits qui identifie une *interface* d'un routeur/machine
 - Notation décimale pointée. Par ex. :
 - 146.60.12.3
- Interface : point de connexion entre un routeur/machine et un lien physique
 - Un routeur contient plusieurs interfaces
 - Un hôte peut avoir plusieurs interfaces
 - Chaque interface a une adresse IP (au moins)

Adressage IP

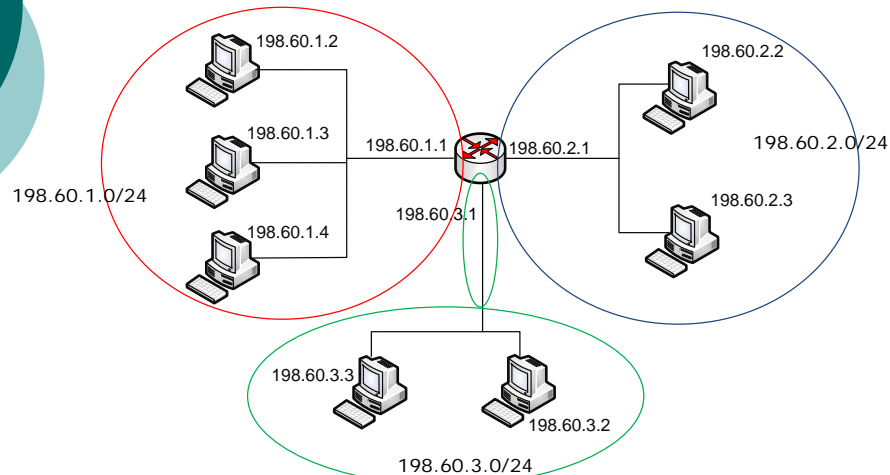


128.168.1.3 = 10000000 10101000 00000001 00000011 (en base 2)

Sous-réseaux

- Adresse IP :
 - Une partie pour identifier le sous-réseau : le préfixe
 - Une partie pour identifier l'interface dans le sous-réseau
- Sous-réseau ?
 - L'ensemble des interfaces ayant le même identifiant de sous-réseau (le même préfixe)
 - Deux stations sur le même sous réseau communiquent directement (sans passer par un routeur). Le sous-réseau offre une diffusion naturelle.

Sous-réseaux (suite)



Un réseau composé de trois sous-réseaux

Masque de sous-réseaux

- Adresse du sous-réseau :
 - Par ex. : 198.60.1.0/24
 - Préfixe/longueur en bits du préfixe, sous la forme d'une adresse IP
 - La valeur zéro ne peut pas être attribuée à "hostid" d'une machine réelle
- Masque du sous-réseau :
 - Une suite de uns complétée par une suite de zéros pour former 32 bits
 - Sert à identifier l'adresse du sous-réseau à partir d'une adresse IP d'une machine. (peut être notée sous la forme d'une adresse IP)
 - Le masque du sous-réseau d'adresse 192.20.0.0/24 est 255.255.255.0

Masque de sous-réseau (suite)

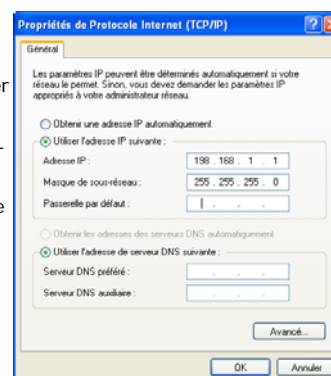
- Permet à une station de savoir si la station destination est dans le même sous-réseau qu'elle ou dans un sous-réseau distant (il lui faudra alors envoyer le paquet au routeur par défaut)
- Exemple station A veut envoyer un paquet à une station B :
 - @IP de A : 198.60.12.2
 - @IP de B : 198.60.12.5
 - subnetmask de A : 255.255.0.0
- La station A doit réaliser 3 opérations :
 1. $A \text{ AND subnetmask}(A) = \text{ResA}$
 2. $B \text{ AND subnetmask}(A) = \text{ResB}$
 3. Comparer ResA et ResB
 - Si ResA = ResB alors les deux stations sur le même sous-réseau
 - Sinon les deux stations sur des sous-réseaux distants

Adresses IP particulières

- 0.0.0.0 : adresse par défaut (Utilisée au démarrage lors de la configuration automatique d'une @IP)
- 255.255.255.255 : adresse de broadcast
- 127.0.0.0/8 : réservées pour les tests de bouclage. (127.0.0.1 utilisée pour la communication intra-machine. Associée conventionnellement au nom "localhost")
- Adresses IP privées :
 - 10.0.0.0/8 = 10.0.0.0 à 10.255.255.255
 - 172.16.0.0/12 = 172.16.0.0 à 172.31.255.255
 - 192.168.0.0/16 = 192.168.0.0 à 192.168.255.255
- Adresses multicast : 224.0.0.0/4

Comment attribuer une adresse IP

- Manuellement
 - Windows :
 - "Panneau de configuration" => "Réseaux et Internet" => "Modifier les paramètres de la carte" ("Connexions réseau") => Sélectionner votre interface (c.-à-d. votre carte réseau) => "Propriétés" (bouton droit de la souris) => Sélectionner "Protocole Internet v4" => "Propriétés"
 - UNIX :
 - `$ ifconfig eth0 192.168.1.4 netmask 255.255.255.0 up`
 - Sinon éditer /etc/rc.conf



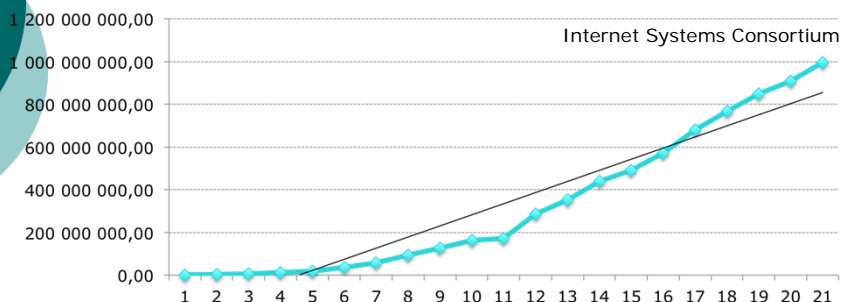
Comment définir une adresse IP

- Dynamiquement
 - Utiliser un serveur DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol)
 - Le client DHCP (hôte) s'identifie et demande une @IP
 - Le serveur DHCP, lui retourne une @IP pour une durée limitée
 - Plug-and-Play

Problème des adresses IPv4

- L'attribution des adresses IP à un sous-réseau se fait en frontière de bit
 - En moyenne la moitié de la moitié est inutilisée
 - Un sous-réseau, dont le préfixe est de 16 bits, laisse 16384 adresses inutilisées
- Problèmes avec une telle attribution :
 - Saturation dans les routeurs
 - Manque d'adresses IPv4
 - ☆ **Gaspillage**
 - ⊙ Pénurie des adresses encore libres

Internet aujourd'hui

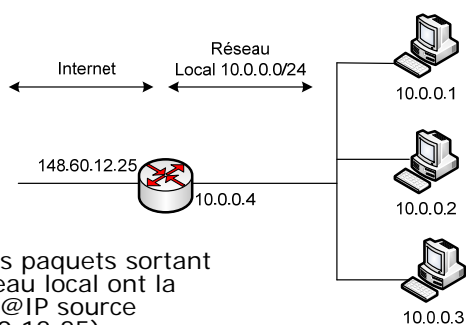


- Croissance phénoménale - 1 million d'utilisateurs/mois
- L'accroissement aujourd'hui est quasi linéaire (**expo. Jusqu'à 1998**)
- Prévision de pénurie d'adresses IPv4 vers 2010-2015



- L'IANA a distribué ses derniers blocs d'adresses IP (5 blocs de 16 M d'adresses) le 03/02/2011, laissant aux "registrar" régionaux d'internet (RIRs) la distributions de leurs derniers blocs.
- RIPE NCC ("registar" régional de référence pour l'Europe) n'a plus d'adresse à fournir depuis 17/09/2012
- ...

Translation d'adresse ou NAT

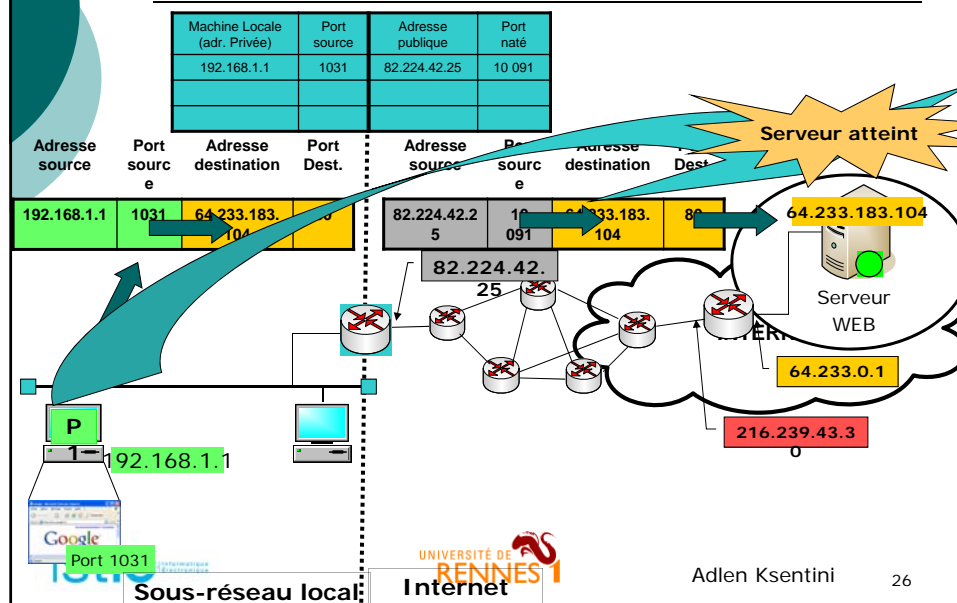


- Tous les paquets sortant du réseau local ont la même @IP source (148.60.12.25) avec différents numéros de port source
- Les paquets qui circulent dans ce sous-réseau ont une adresse de la forme 10.0.0.0/24

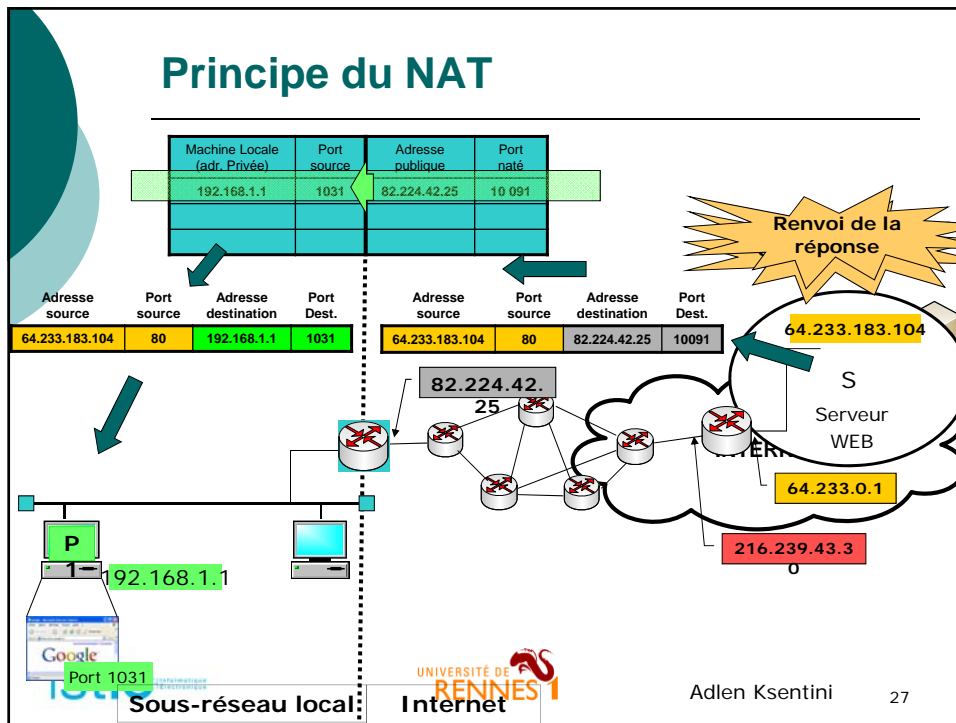
Translation d'adresse ou NAT (2)

- Motivation : Le sous-réseau n'a besoin que d'une seule @IP publique
 - Economique :
 - Pas besoin d'une plage d'@IP publiques. Une seule @ pour tous les hôtes du sous-réseau
 - Indépendance :
 - Possibilité de changer les @IP des hôtes du réseau local sans aucune notification au FAI
 - Possibilité de changer de FAI sans affecter l'adressage du réseau local
 - Confidentialité :
 - Les @ des machines du réseau local ne sont pas visibles depuis l'extérieur

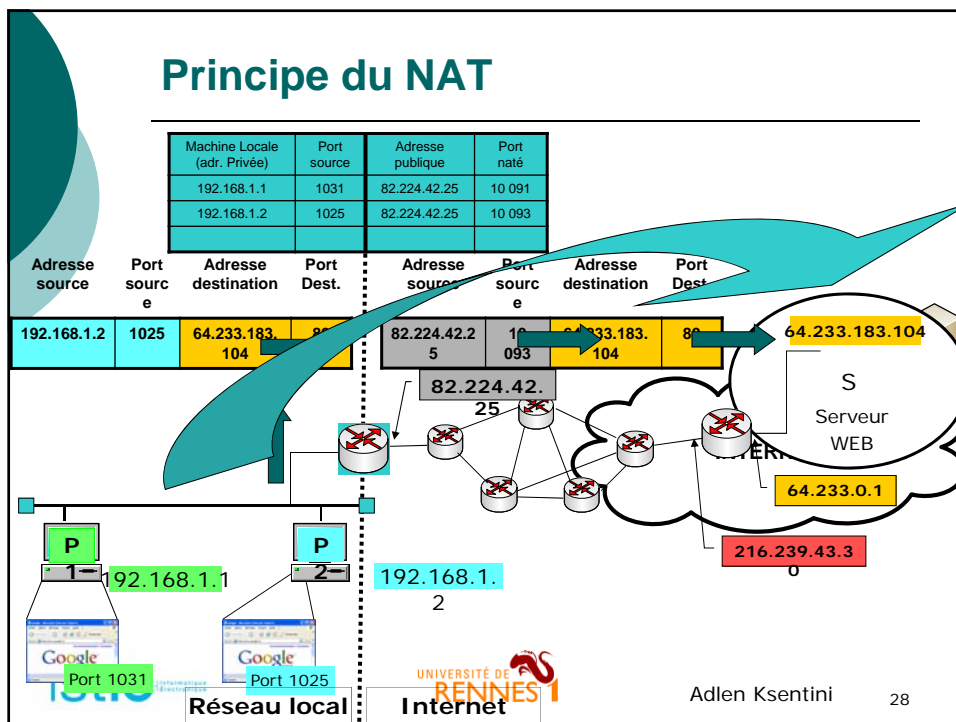
Principe du NAT/PAT



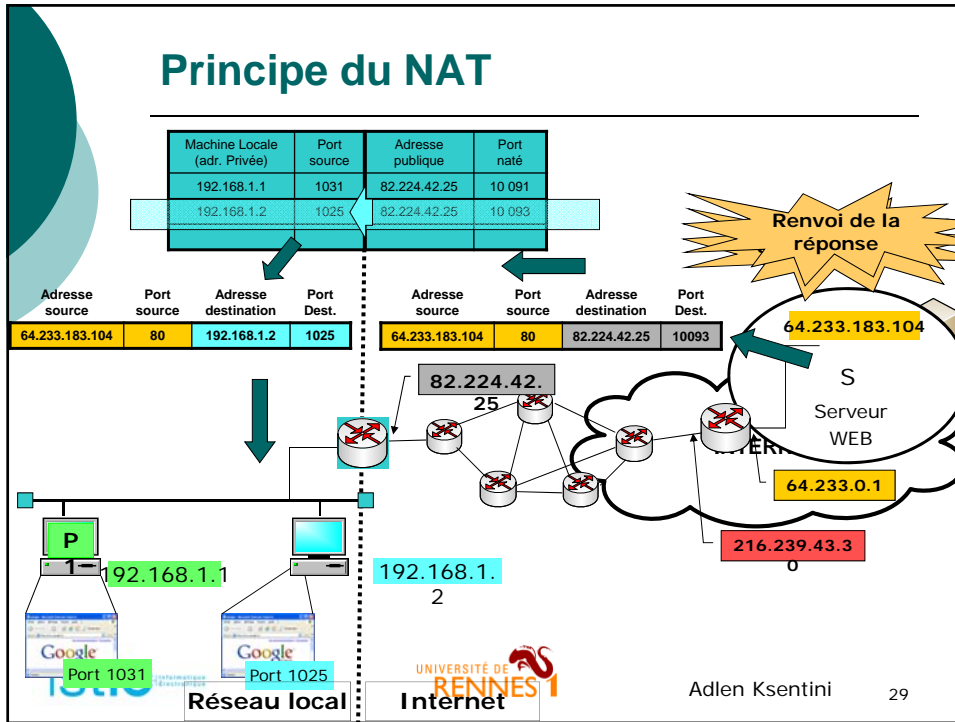
Principe du NAT



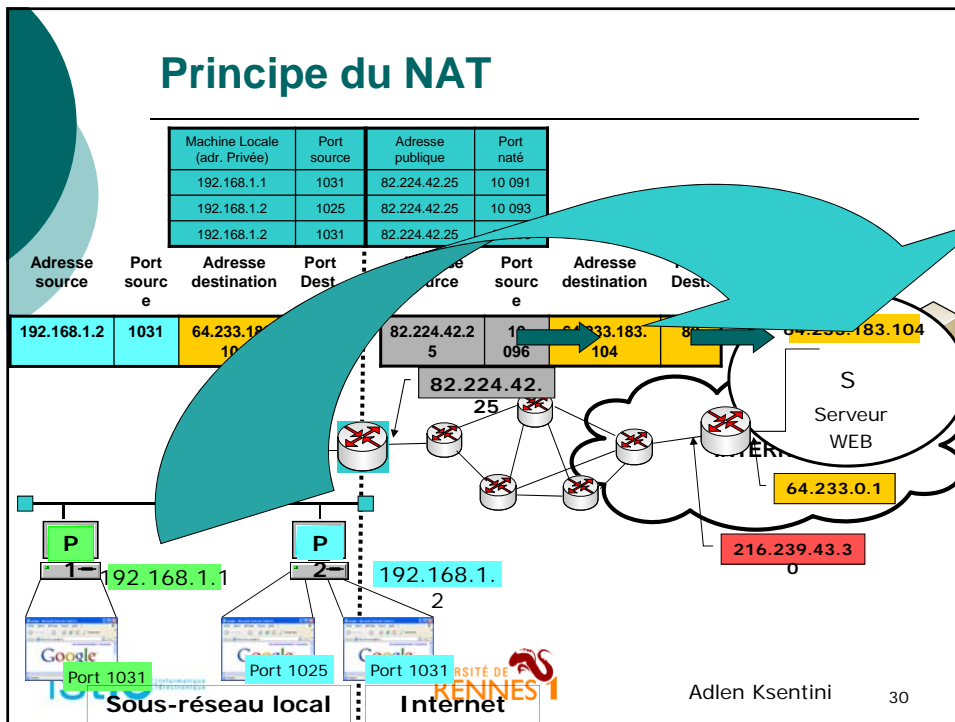
Principe du NAT



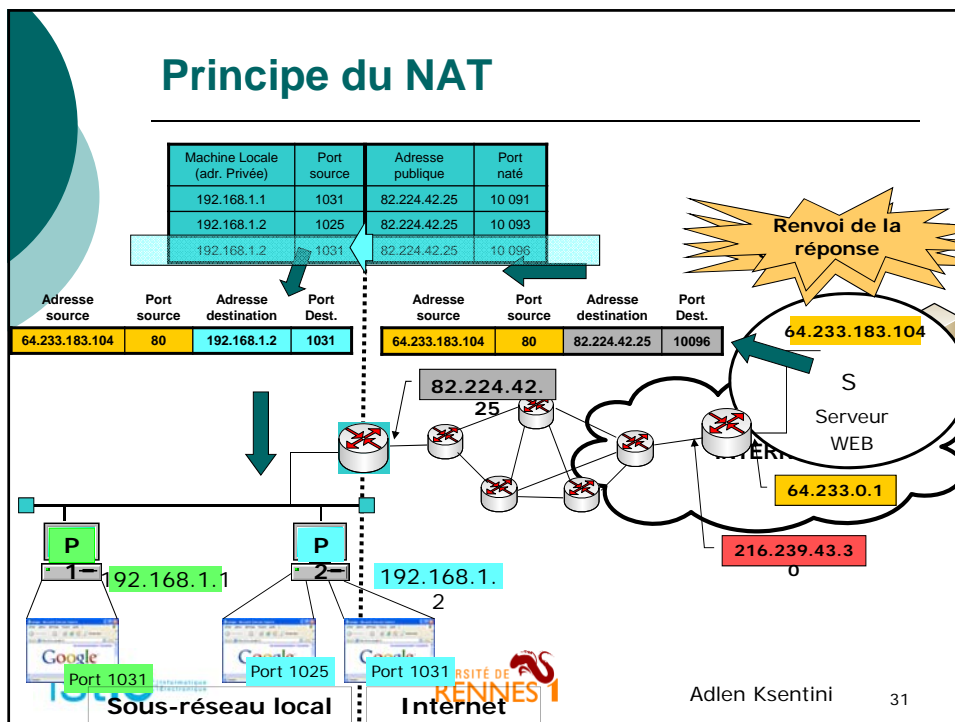
Principe du NAT



Principe du NAT



Principe du NAT

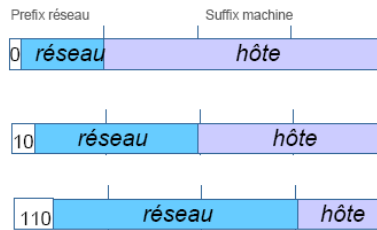


Adlen Ksentini 31

ICMP : Internet Control Message Protocol

- Utilisé par les hôtes et routeurs pour :
 - Notifier des erreurs de niveau Réseau ou Transport
 - Rapport sur l'apparition d'une erreur (l'hôte ne répond pas, erreur de routage, erreur de format du paquet, ...)
 - Pas de traitement de l'erreur
 - La notification est envoyée à l'émetteur du paquet qui a provoqué l'erreur (retour à l'envoyeur !)
 - Aider à l'administration du réseau
 - Echo request/reply (utilisé par l'application ping)
 - Les messages ICMP sont transportés dans un datagramme IP

Sous-réseaux et classes d'adresses



- Comment connaître la classe d'un sous-réseau ?
 - Bits de poids forts de l'adresse
- Classe A : 0.0.0.1 à 127.255.255.255
 - 128 sous-réseaux de 16777216 adresses
- Classe B : 128.0.0.0 à 191.255.255.255
 - 16384 sous-réseaux de 65536 adresses
- Classe C : 192.0.0.0 à 223.255.255.255
 - 2097152 sous-réseaux de 256 adresses
- Les classes d'adresse sont obsolètes !

Adressage IP : CIDR

- CIDR : Classless InterDomain Routing
 - Format de l'adresse IP : a.b.c.d/x, où x est la longueur du préfixe qui correspond au netid, c'est-à-dire le nombre de bits à 1 dans le masque d'adresse du sous-réseau

← Sous réseau → ← Hôte →
1100000 00010111 00010000 00000000

200.23.16.0/23