

Architecture réseaux

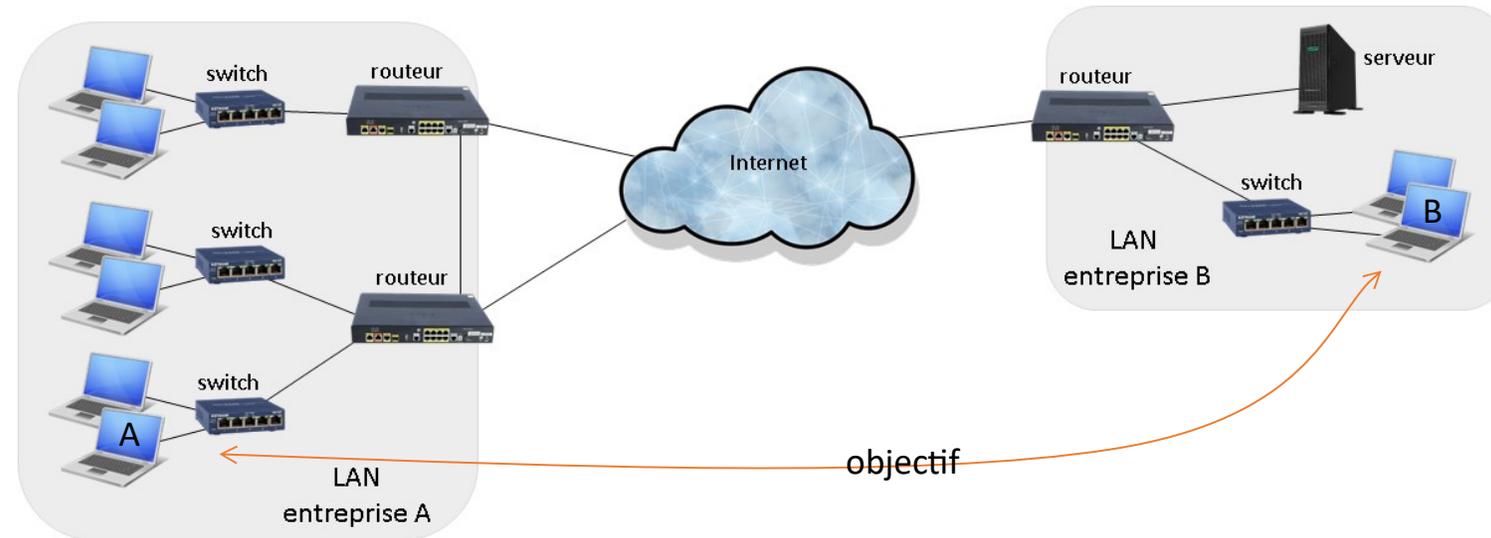
IP

Routage

sous-réseaux

Communication entre plusieurs réseaux physiques

- Objectif = échanger des informations des postes distants.



- Fonctionnalités utilisées

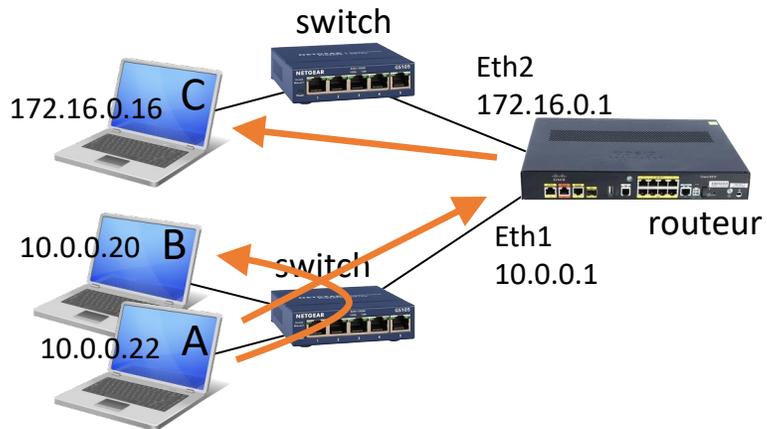
- 7- Interconnecter différents réseaux et machines - **adressage logique**
- 8- Acheminer l'information à la bonne destination - **routage**

Protocole IP

- IP (internet protocol) est le protocole non connecté de la couche n°3 du modèle OSI (réseau) permettant la transmission de donnée d'un hôte à un autre, même s'il est situé sur un autre segment réseau.
- Il est non connecté car il ne garantit pas la fiabilité de la transmission.
- IP utilise une adresse logicielle (IP) afin de permettre un routage indépendant des technologies réseaux utilisées.
- L'unité de transmission est appelée le « datagramme ».
- Le routeur est l'équipement permettant de transmettre un datagramme IP d'un réseau vers un autre.

Choix de commutation L2 / L3

- Dans un même réseau physique
 - PC A envoie un message à PC_B
 - IP destination = IP PC_B
 - MAC destination = MAC PC_B



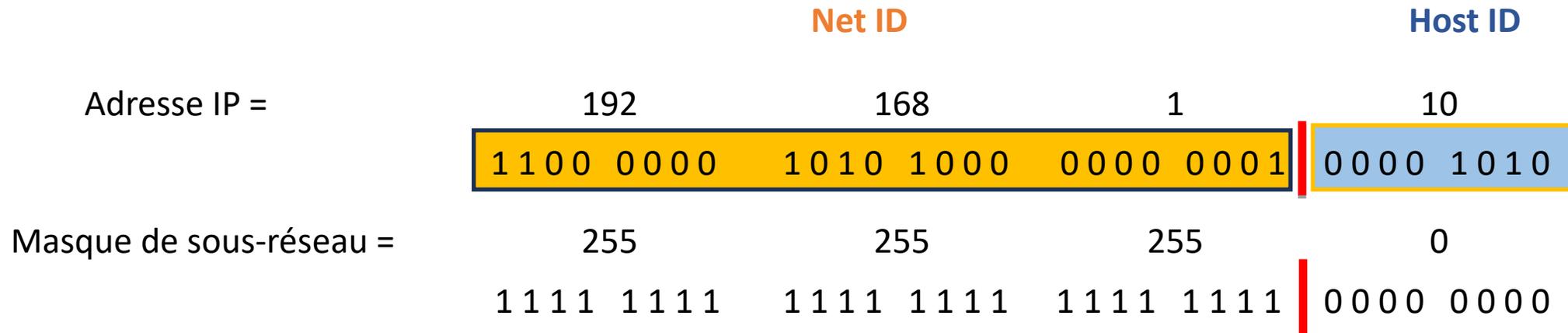
- Dans un réseau physique différent
 - PC A envoie un message à PC_C
 - IP destination = IP PC_C
 - 1 : MAC destination = MAC routeur_Eth1
 - 2 : MAC destination = MAC PC_C

Pour PC_A :

Il faut donc déterminer si le destinataire final est sur le même réseau (physique) que l'expéditeur au moment de l'encapsulation L2 du datagramme L3

Adressage IP

- Une adresse IP est codée sur 32 bits / 4 octets
- Elle peut être séparée en 2 parties :
 - Net ID = identification du réseau
 - Host ID = identification du poste dans son réseau
- Le masque de sous-réseau définit l'endroit où sont séparés le Net ID et le Host ID
- Exemple :



Adressage IP

- Les hôtes ayant un même Net ID sont considérés comme étant sur le même réseau physique et peuvent communiquer directement en L2.
- Les hôtes ayant un Net ID différents doivent passer par une passerelle (routeur) pour pouvoir communiquer.
- Des hôtes ayant un même Net ID doivent disposer d'un Host ID différent (adresses unicast)
- L'adresse du réseau est la plus petite adresse possible (avec le même Net ID) ; elle ne peut donc pas être affectée à un poste
-

Adresse du poste =

1 1 0 0	0 0 0 0	1 0 1 0	1 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 1	0 0 0 0	1 0 1 0
---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------

 = 192.168.1.10

Adresse réseau =

1 1 0 0	0 0 0 0	1 0 1 0	1 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 1	0 0 0 0	0 0 0 0
---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------

 = 192.168.1.0

Adresse de broadcast =

1 1 0 0	0 0 0 0	1 0 1 0	1 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 1	1 1 1 1	1 1 1 1
---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------

 = 192.168.1.255

Adressage IP

- Les hôtes ayant un même Net ID sont considérés comme étant sur le même réseau physique et peuvent communiquer directement en L2.
- Les hôtes ayant un Net ID différents doivent passer par une passerelle (routeur) pour pouvoir communiquer.
- Des hôtes ayant un même Net ID doivent disposer d'un Host ID différent (adresses unicast)
- La 1^{ère} adresse affectable sur le réseau est la plus petite adresse possible (avec le même Net ID) après l'adresse réseau.
- La dernière adresse affectable sur le réseau est la plus grande adresse possible (avec le même Net ID) avant l'adresse de broadcast.

Adresse du poste =

1 1 0 0	0 0 0 0	1 0 1 0	1 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 1	0 0 0 0	1 0 1 0
---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------

 = 192.168.1.10

1^{ère} adresse affectable =

1 1 0 0	0 0 0 0	1 0 1 0	1 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 1	0 0 0 0	0 0 0 1
---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------

 = 192.168.1.1

Dernière adresse aff. =

1 1 0 0	0 0 0 0	1 0 1 0	1 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 1	1 1 1 1	1 1 1 0
---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------

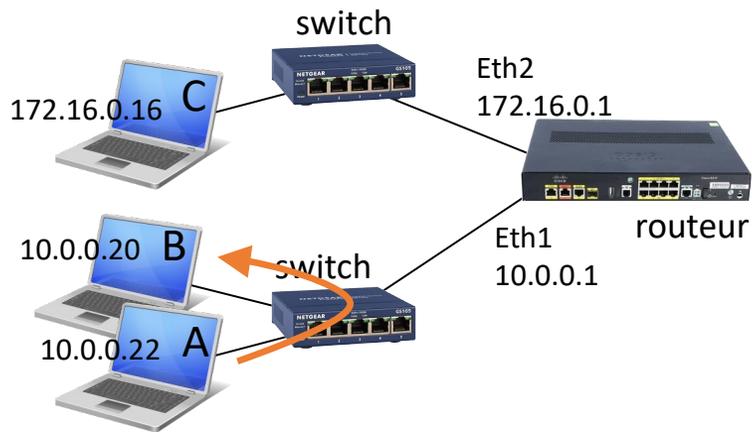
 = 192.168.1.254

Masque de sous-réseau

- Le masque de sous-réseau ne définit pas le réseau mais son étendue
- 2 notations possibles
 - Notation **décimale pointée** (ex : 255.255.255.0) similaire à la notation de l'adresse IP.
 - Notation **CIDR** (ex : /24) : le nombre représente la taille (en bits) du « netid »
- On en déduit le nombre d'Hôtes possibles sur le réseau :

255.255.255.0 \Rightarrow /24 \Rightarrow 8 bits pour la partie Host ID
 \hookrightarrow $2^8 = 256$ adresses totales possibles (inc. Réseau et broadcast)
 \hookrightarrow $2^8 - 2 = 254$ adresses affectables

Choix de commutation L2 / L3



- PC_A (10.0.0.22 /20) envoie un message à PC_B (10.0.0.20)

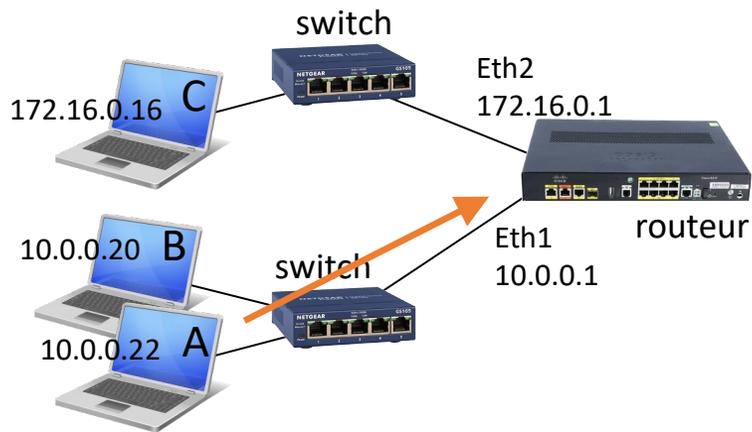
	Net ID			Host ID			
IP PC_A =	10	0	0	22			
	0000	1010	0000	0000	0000	0000	0000
Masque de sous-réseau =	1111	1111	1111	1111	0000	0000	0000
IP PC_B =	10	0	0	20			
	0000	1010	0000	0000	0000	0001	0100

MSR = 255.255.240.0
 $2^{12} - 2 = 4094$ hôtes possibles
 IP réseau = 10.0.0.0
 IP broadcast = 10.0.15.255

Pour PC_A :
 Le Net ID de PC_B est identique à celui de PC_A

↳ MAC destination = MAC PC_B

Choix de commutation L2 / L3



- PC_A (10.0.0.22 /20) envoie un message à PC_C (176.16.0.16)

	Net ID			Host ID		
IP PC_A =	10	0	0	22		
	0000	1010	0000	0000	0000	0000
Masque de sous-réseau =	1111	1111	1111	1111	0000	0000 0000
IP PC_C =	172	16	0	16		
	1011	0000	0001	0000	0000	0000 0000

MSR = 255.255.240.0
 $2^{12} - 2 = 4094$ hôtes possibles
 IP réseau = 10.0.0.0
 IP broadcast = 10.0.15.255

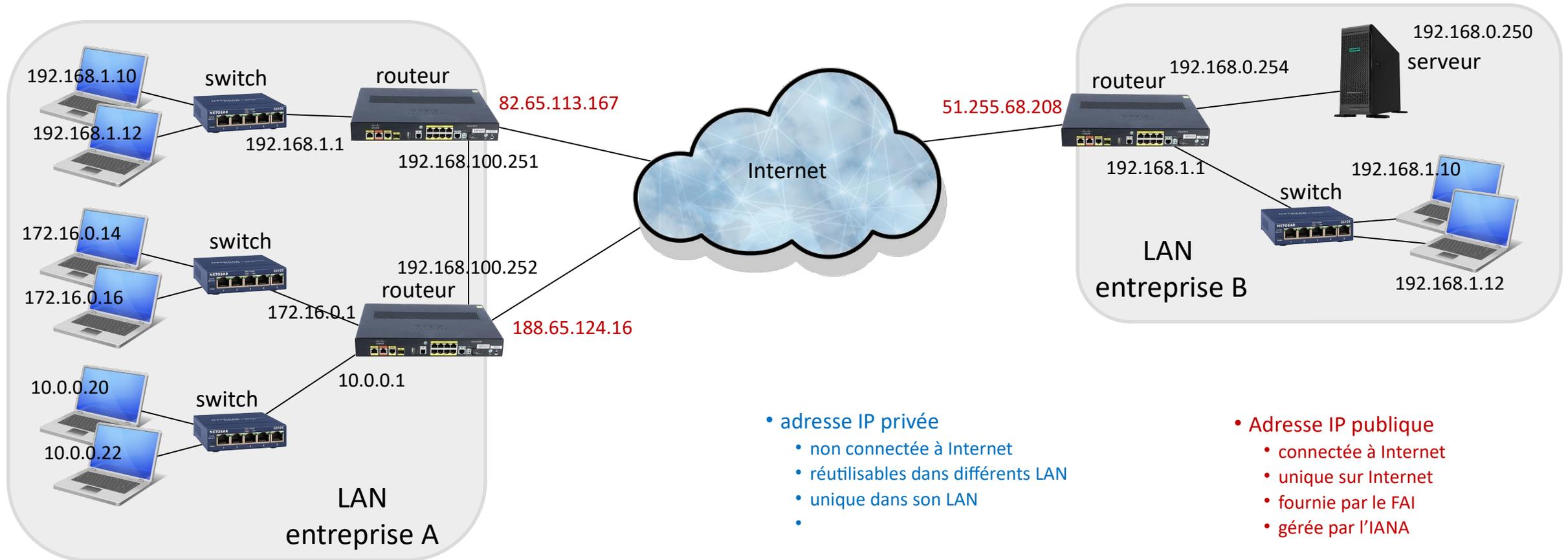
Pour PC_A :
 Le Net ID de PC_C est différent celui de celui de PC_A

↳ MAC destination = MAC routeur_Eth1

Adresses IP privées ou publiques

LAN = Local Area Network

/ WAN = Wide Area Network



- adresse IP privée
 - non connectée à Internet
 - réutilisables dans différents LAN
 - unique dans son LAN
 -

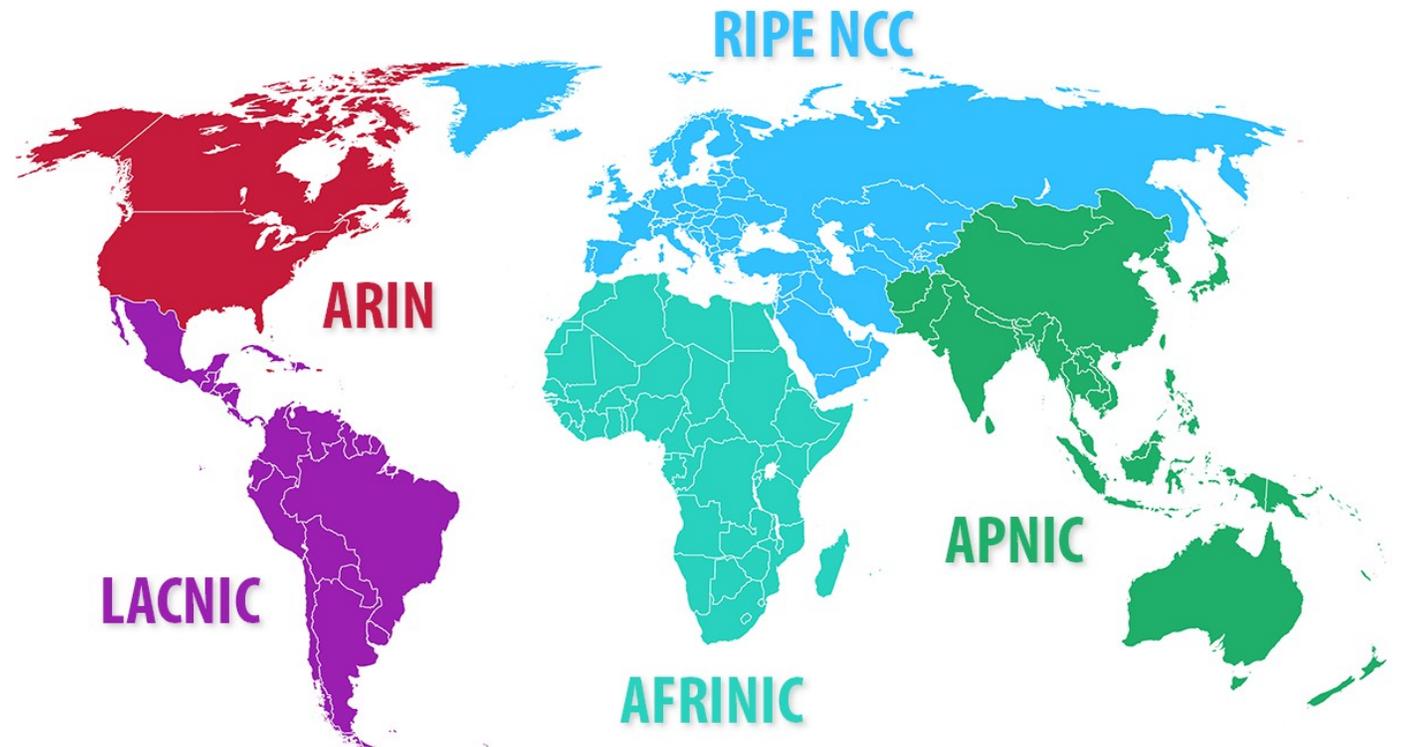
- Adresse IP publique
 - connectée à Internet
 - unique sur Internet
 - fournie par le FAI
 - gérée par l'IANA

Adresses publiques

L'IANA (Internet Assigned Numbers Authority) est chargée de définir comment seront utilisées les adresses IP.

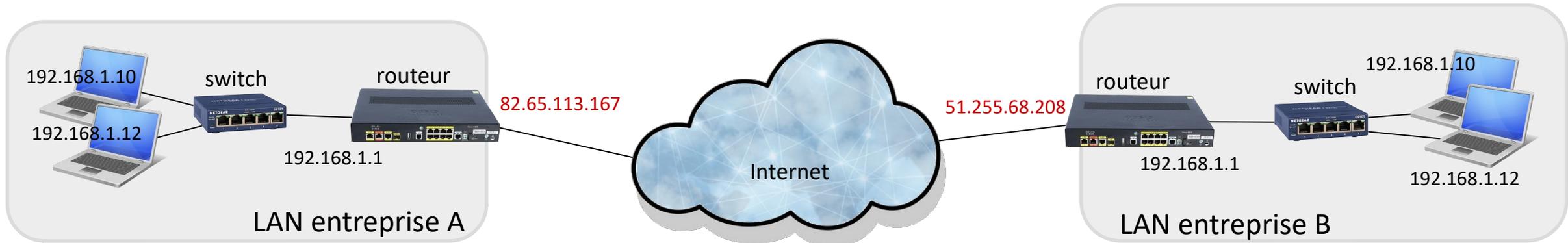
Cet organisme

- sélectionne des plages d'IP pour des utilisations spécifiques
- délègue les autres adresses à des organismes régionaux (RIR).



Adresses privées

- Une adresse IP doit être unique dans le WAN et à l'intérieur d'un LAN
- mais 2 LAN différents peuvent utiliser des adresses IP privées identiques.



- Tous les équipements du LAN partagent alors la même adresse IP publique.
- Le routeur remplace l'adresse de la source et/ou de la destination par son adresse publique : NAT (Network Address Translation)

Adresse IP fixe ou dynamique

- Que ce soit dans le WAN ou dans le LAN, les informations à fournir à un client réseau sont :
 - son adresse IP
 - son masque de sous-réseau
 - sa passerelle
 - ses serveurs DNS
- les abonnés ou les postes peuvent
 - être paramétrés 1 fois pour toute ; ils sont en IP fixe ou IP statique.
 - changer d'adresse IP régulièrement suivant le protocole DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) ; ils sont en adresse IP dynamique.

Avantages d'une adresse IP fixe

- Pour des équipements qui doivent être joints par les autres (imprimante, serveur Intranet, caméra vidéo, routeur)
- Les trames DHCP étant majoritairement échangées en broadcast, avoir des IP statiques permet de réduire (consommation faible) les échanges réseau.

Avantages d'un adressage IP dynamique

- Pour un PC ou pour un admin réseau LAN
 - le PC s'adapte automatiquement aux différents réseaux sur lesquels il se connecte
 - les attributions sont gérées par le serveur qui fait en sorte que une adresse ne soit pas attribuée 2 fois sur un même temps (durée du bail)
 - une plage d'adresse peut accueillir de nombreux utilisateurs si ces utilisateurs ne sont pas présent en même temps (réseau public ou d'école)
- Pour un abonné public ou pour un FAI
 - le LAN n'ayant pas systématiquement la même adresse IP publique, il est plus difficile à attaquer.
 - un FAI peut disposer de plus de clients que d'adresse IP si ses clients ne sont pas tous connectés en même temps (réseau mobile)

Paramétrer une adresse IP sur Windows

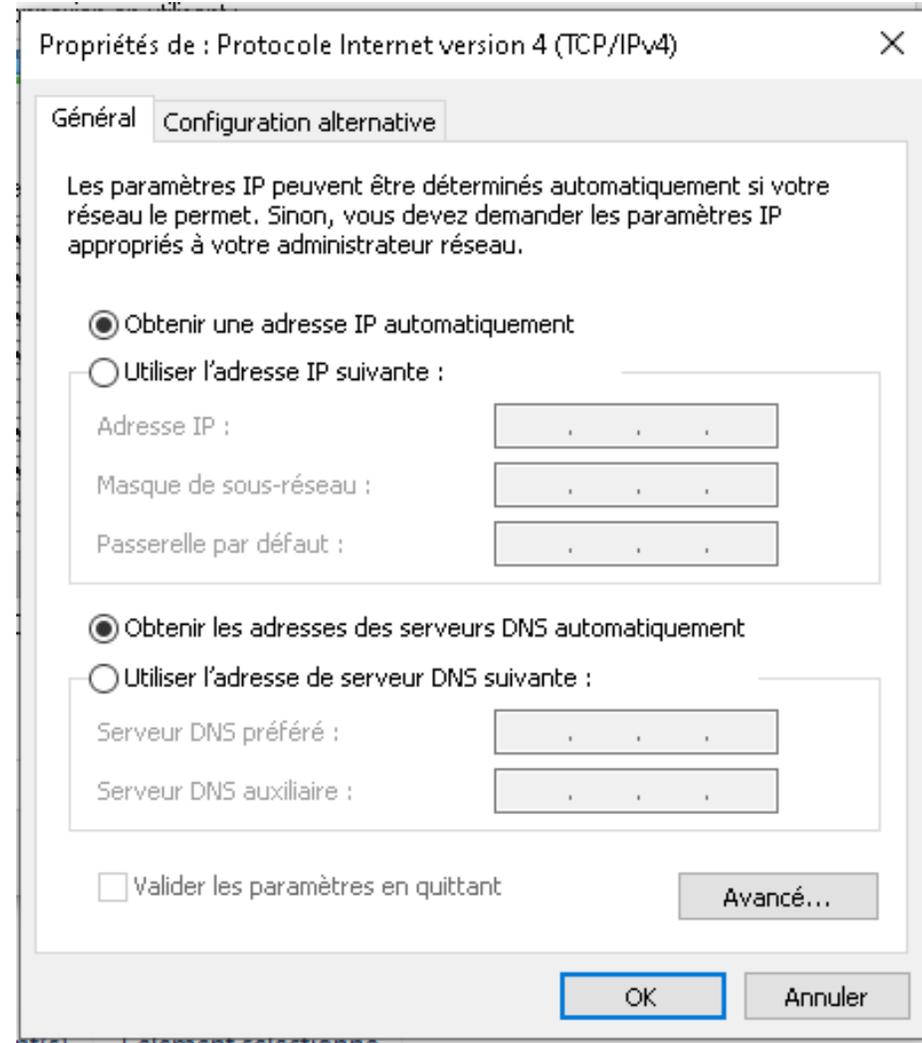
Paramètres Réseau et Internet

Modifier les options de l'adaptateur

Ethernet ou Wifi ->

Clic droit -> Propriétés

Protocole Internet (TCP/IPv4) -> propriétés



Paramétrer une adresse IP sur Linux

```
cat /etc/network/interfaces

auto lo
iface lo inet loopback

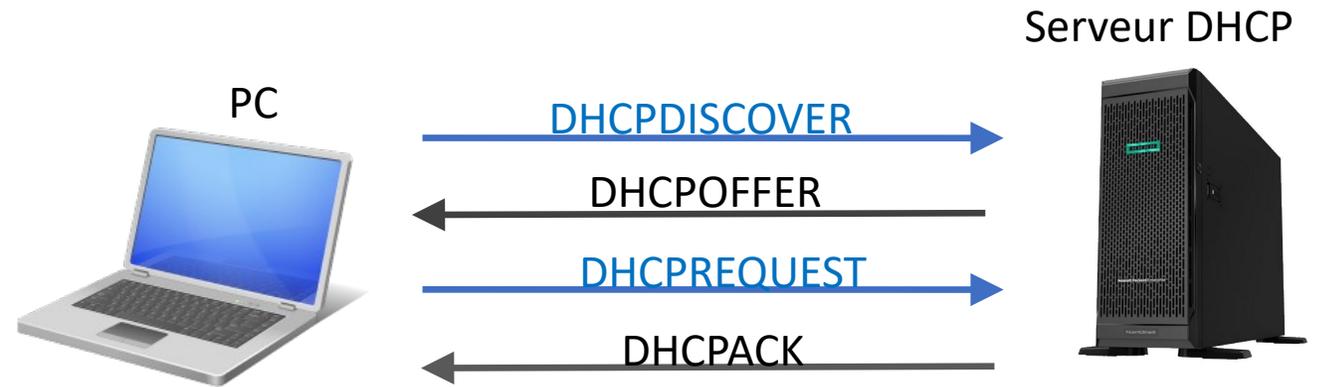
# livebox
auto enp3s0:1
iface enp3s0:1 inet static
    address 192.168.124.250
    network 192.168.124.0
    netmask 255.255.255.0
    gateway 192.168.124.254
    dns-nameservers 192.168.124.254

# priv
auto enp3s0:3
iface enp3s0:3 inet dhcp
```

```
cat /etc/netplan/4G.yaml

network:
  ethernets:
    enx0c5b8f279a64:
      dhcp4: no
      dhcp6: no
      addresses:
        - 192.168.8.2/24
      nameservers:
        addresses: [8.8.8.8,8.8.4.4]
      routes:
        - to: 0.0.0.0/0
          via: 192.168.8.1
          metric: 200
  version: 2
```

Protocole DHCP



1) **DHCPDISCOVER** (pour localiser les serveurs DHCP disponibles)

- du client en broadcast
- 0.0.0.0 -> 255.255.255.255 sur le port 67 UDP
- le client est en état « initialisation »

2) **DHCPOFFER** (réponse du serveur à un paquet DHCPDISCOVER, qui contient les premiers paramètres)

- du serveur en broadcast (en précisant l'adresse MAC du demandeur)
- IP_serveurDHCP -> 255.255.255.255 sur le port 68 UDP
- la proposition contient les paramètres IP dans le champ "option"
- Le client passe en état « sélection » (il peut avoir reçu plusieurs propositions dans le cas où plusieurs DHCP cohabitent sur le réseau)

3) **DHCPREQUEST** (réponse du client indiquant son intention d'accepter les paramètres du message DHCPOFFER)

- du client en broadcast
- 0.0.0.0 -> 255.255.255.255 sur le port 67 UDP
- Le client passe en état "demande"
- Le client identifie le serveur sélectionné en renseignant l'adresse IP du serveur DHCP choisi dans le champ d'option Server Identifier.

4) **DHCPACK** (confirmation du serveur qui contient des paramètres et l'adresse IP du client)

- IP_serveurDHCP -> 255.255.255.255 sur le port 68 UDP
- le client passe en état "liaison" pour la durée du bail stipulée en option
-

Protocole DHCP

les autres échanges possibles sont :

- **DHCPNAK** (réponse du serveur pour signaler au client que son bail est échu ou si le client annonce une mauvaise configuration réseau)
- **DHCPDECLINE** (le client annonce au serveur que l'adresse est déjà utilisée)
- **DHCPRELEASE** (le client libère son adresse IP)
- **DHCPINFORM** (le client demande des paramètres locaux, il a déjà son adresse IP)

Adresses IP non attribuables

- Parmi les adresses unicast, certaines ne peuvent pas être utilisées pour adresser des hôtes :
 - Adresses réseaux et de broadcast d'un réseau
 - 0.0.0.0 → 0.255.255.255 : réservées pour l'auto-identification (peu utilisées)
 - 0.0.0.0 : utilisée comme adresse temporaire d'un client DHCP en attente de réception d'un bail.
 - 127.0.0.0 → 127.255.255.255 : boucle locale.
 - 255.255.255.255 : adresse de diffusion limitée (limited broadcast). Cette adresse permet d'envoyer des données à tous les hôtes ayant la couche TCP/IP v4 installée. Ce trafic n'est pas routable.

Adresses IP spéciales : les adresses privées

Réseau	Adresse min	Adresse max	Nb. adresses
10.0.0.0 /8	10.0.0.0	10.255.255.255	16 777 216
172.16.0.0 /12	172.16.0.0	172.31.255.255	1 048 576
192.168.0.0 /16	192.168.0.0	192.168.255.255	65 536

- Les adresses privées sont :
 - Non-routables : les routeurs de l'infrastructure internet ne disposent pas de route vers ces réseaux.
 - Utilisables dans tous les réseaux privés, contrairement à une adresse publique qui doit être unique, il est possible de trouver une même adresse privée dans plusieurs réseaux connectés à internet.
 - Utilisables sans réservation / achat auprès d'un RIR / LIR / NIR /

Routage

- consiste à transmettre un datagramme IP entrant vers un autre réseau.
- Cette opération est réalisée par les routeurs qui sont donc équipés au minimum de 2 interfaces réseaux.
- Sur un Poste autre qu'un routeur et qui n'est pas configuré en mode promiscuité, un datagramme entrant dont l'IP de destination n'est pas celle du poste, est rejeté.
- La décision de router un datagramme est prise après analyse de la table de routage, si le TTL n'a pas atteint la valeur 0

Table de routage

- Un système 'non routeur' analysera sa table de routage uniquement pour les paquets sortants émis par le poste alors qu'un routeur analysera sa table de routage pour les paquets sortant et pour les paquets routés.
- La table de routage est composée de plusieurs champs :
 - Destination / Masque : La combinaison de ces 2 champs permet de spécifier quelles sont les adresses IP de destination concernées par la route.
 - Passerelle : Adresse IP du routeur auquel envoyer le datagramme pour joindre la destination.
 - Interface : interface physique par laquelle le datagramme sera envoyé.
 - Métrique :
 - indice donné à une route pour caractériser la longueur de celle-ci.
 - permet de privilégier une route (métrique le plus faible) quand 2 routes mènent à la même destination -> FailOver
 - permet de répartir équitablement la charge sur 2 routes (2 passerelles) si les métriques sont égales -> LoadBalancing

Exemple de table de routage

Sur un poste Linux :

```
route -n
```

```
Kernel IP routing table
```

Destination	Gateway	Genmask	Flags	Metric	Ref	Use	Iface
0.0.0.0	192.168.124.254	0.0.0.0	UG	100	0	0	ens18
0.0.0.0	192.168.8.1	0.0.0.0	UG	500	0	0	enx0c5b8f279a64
10.33.32.0	10.33.32.81	255.255.252.0	UG	0	0	0	tun0
10.33.32.81	0.0.0.0	255.255.255.255	UH	0	0	0	tun0
10.100.0.0	10.33.32.81	255.255.0.0	UG	0	0	0	tun0
10.120.0.0	10.33.32.81	255.255.0.0	UG	0	0	0	tun0
172.17.0.0	0.0.0.0	255.255.0.0	U	0	0	0	docker0
192.168.8.0	0.0.0.0	255.255.255.0	U	0	0	0	enx0c5b8f279a64
192.168.124.0	0.0.0.0	255.255.255.0	U	100	0	0	ens18
192.168.124.254	0.0.0.0	255.255.255.255	UH	100	0	0	ens18

Les flags :

U : the route is up

G : the route is to a gateway.

H : the route is to a host.

D : this route is created by a redirect.

M : this route is modified by a redirect.

Exemple de table de routage

Sur un poste Windows :

```
route print
```

```
[...]
```

```
IPv4 Table de routage
```

```
=====
```

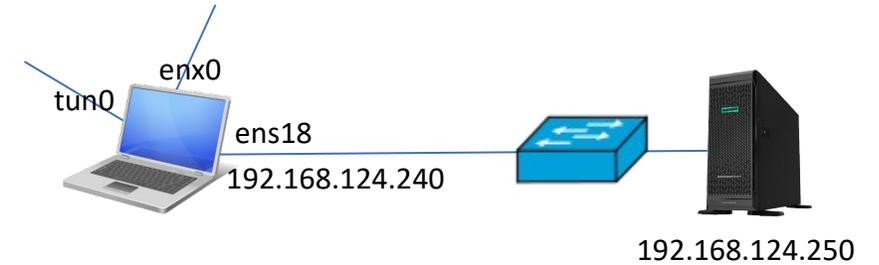
```
Itinéraires actifs :
```

Destination réseau	Masque réseau	Adr. passerelle	Adr. interface	Métrieque
0.0.0.0	0.0.0.0	192.168.124.254	192.168.124.34	25
127.0.0.0	255.0.0.0	On-link	127.0.0.1	331
127.0.0.1	255.255.255.255	On-link	127.0.0.1	331
127.255.255.255	255.255.255.255	On-link	127.0.0.1	331
192.168.124.0	255.255.255.0	On-link	192.168.124.34	281
192.168.124.34	255.255.255.255	On-link	192.168.124.34	281
192.168.124.255	255.255.255.255	On-link	192.168.124.34	281
224.0.0.0	240.0.0.0	On-link	127.0.0.1	331
224.0.0.0	240.0.0.0	On-link	192.168.124.34	281
255.255.255.255	255.255.255.255	On-link	127.0.0.1	331
255.255.255.255	255.255.255.255	On-link	192.168.124.34	281

```
=====
```

```
[...]
```

Exemple de routage



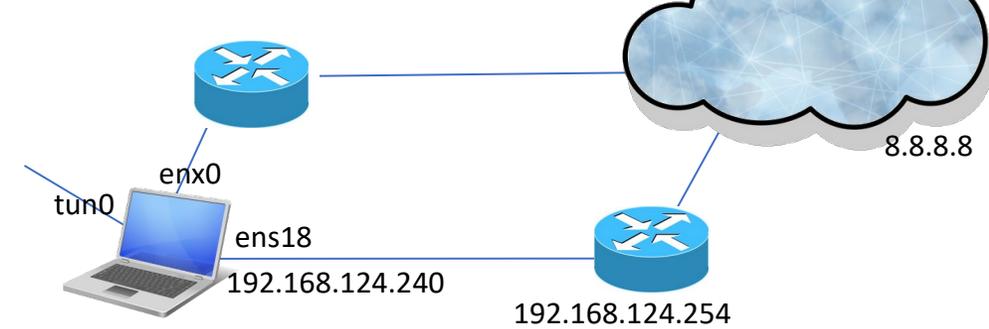
Envoyer un datagramme vers 192.168.124.250

```
route -n
```

```
Kernel IP routing table
```

Destination	Gateway	Genmask	Flags	Metric	Ref	Use	Iface
0.0.0.0	192.168.124.254	0.0.0.0	UG	100	0	0	ens18
0.0.0.0	192.168.8.1	0.0.0.0	UG	500	0	0	enx0c5b8f279a64
10.33.32.0	10.33.32.81	255.255.252.0	UG	0	0	0	tun0
10.33.32.81	0.0.0.0	255.255.255.255	UH	0	0	0	tun0
10.100.0.0	10.33.32.81	255.255.0.0	UG	0	0	0	tun0
10.120.0.0	10.33.32.81	255.255.0.0	UG	0	0	0	tun0
172.17.0.0	0.0.0.0	255.255.0.0	U	0	0	0	docker0
192.168.8.0	0.0.0.0	255.255.255.0	U	0	0	0	enx0c5b8f279a64
192.168.124.0	0.0.0.0	255.255.255.0	U	100	0	0	ens18
192.168.124.254	0.0.0.0	255.255.255.255	UH	100	0	0	ens18

Exemple de routage



Envoyer un datagramme vers 8.8.8.8

```
route -n
```

```
Kernel IP routing table
```

Destination	Gateway	Genmask	Flags	Metric	Ref	Use	Iface
<code>0.0.0.0</code>	<code>192.168.124.254</code>	<code>0.0.0.0</code>	UG	100	0	0	<code>ens18</code>
<code>0.0.0.0</code>	<code>192.168.8.1</code>	<code>0.0.0.0</code>	UG	500	0	0	<code>enx0c5b8f279a64</code>
<code>10.33.32.0</code>	<code>10.33.32.81</code>	<code>255.255.252.0</code>	UG	0	0	0	<code>tun0</code>
<code>10.33.32.81</code>	<code>0.0.0.0</code>	<code>255.255.255.255</code>	UH	0	0	0	<code>tun0</code>
<code>10.100.0.0</code>	<code>10.33.32.81</code>	<code>255.255.0.0</code>	UG	0	0	0	<code>tun0</code>
<code>10.120.0.0</code>	<code>10.33.32.81</code>	<code>255.255.0.0</code>	UG	0	0	0	<code>tun0</code>
<code>172.17.0.0</code>	<code>0.0.0.0</code>	<code>255.255.0.0</code>	U	0	0	0	<code>docker0</code>
<code>192.168.8.0</code>	<code>0.0.0.0</code>	<code>255.255.255.0</code>	U	0	0	0	<code>enx0c5b8f279a64</code>
<code>192.168.124.0</code>	<code>0.0.0.0</code>	<code>255.255.255.0</code>	U	100	0	0	<code>ens18</code>
<code>192.168.124.254</code>	<code>0.0.0.0</code>	<code>255.255.255.255</code>	UH	100	0	0	<code>ens18</code>

Résumé des routes

- Il s'agit d'agglomérer les routes pour diminuer la taille des tables de routage
- exemple :

les 2 lignes de la table de routage ci-dessous

...

```
10.0.3.0      0.0.0.0      255.255.255.0  U    0    0    0 enp0s8
```

```
10.0.2.0      0.0.0.0      255.255.255.0  U    0    0    0 enp0s8
```

...

peuvent être résumées en 1 ligne :

```
10.0.2.0      0.0.0.0      255.255.254.0  U    0    0    0 enp0s8
```

Protocoles de routage

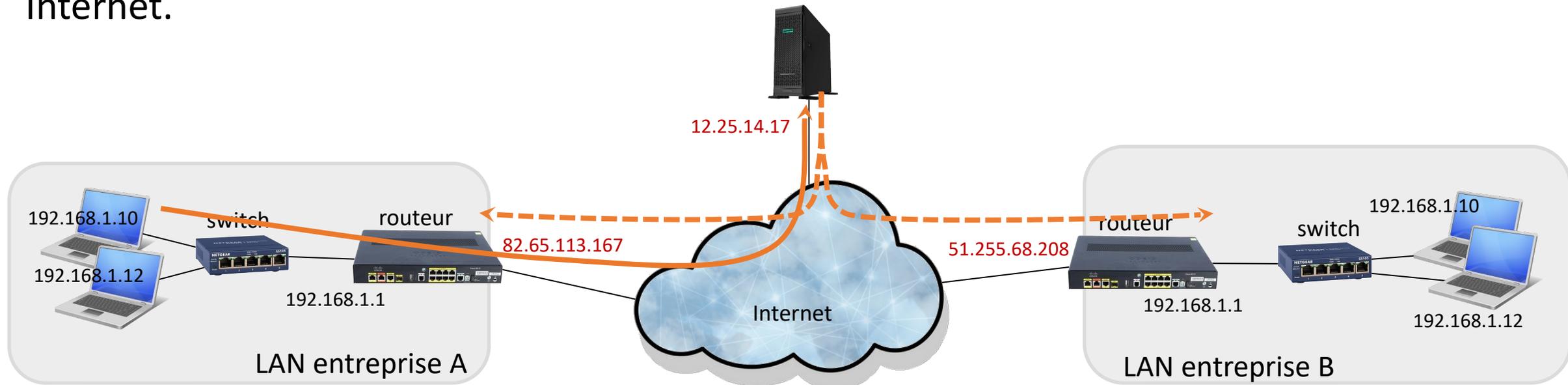
- Les tables de routage sont paramétrées via des options DHCP ou manuellement dans des petits réseaux non complexes. On parle alors de routage statique
- Sur des réseaux complexes, des algorithmes permettent de mettre à jour les tables de routage des routeurs en fonction des routeurs voisins. On parle alors de routage dynamique.
- On distingue 2 familles de protocole de routage suivant qu'on route à l'intérieur ou entre 2 AS (un AS ou système autonome est un réseau dont la politique de routage est assurée par 1 entité - exemple, un FAI) :
 - des protocoles internes de type IGP (Interior Gateway Protocol, notamment OSPF, RIP ou IS-IS)
 - des protocoles entre différents AS de type EGP ou BGP (External ou Border Gateway Protocol)

Routage NAT (LAN-> Internet)

- Les adresses IP des postes du LAN sont des adresses privées.
- Elles sont uniques dans le LAN mais existent dans de nombreux LAN connectés à Internet.

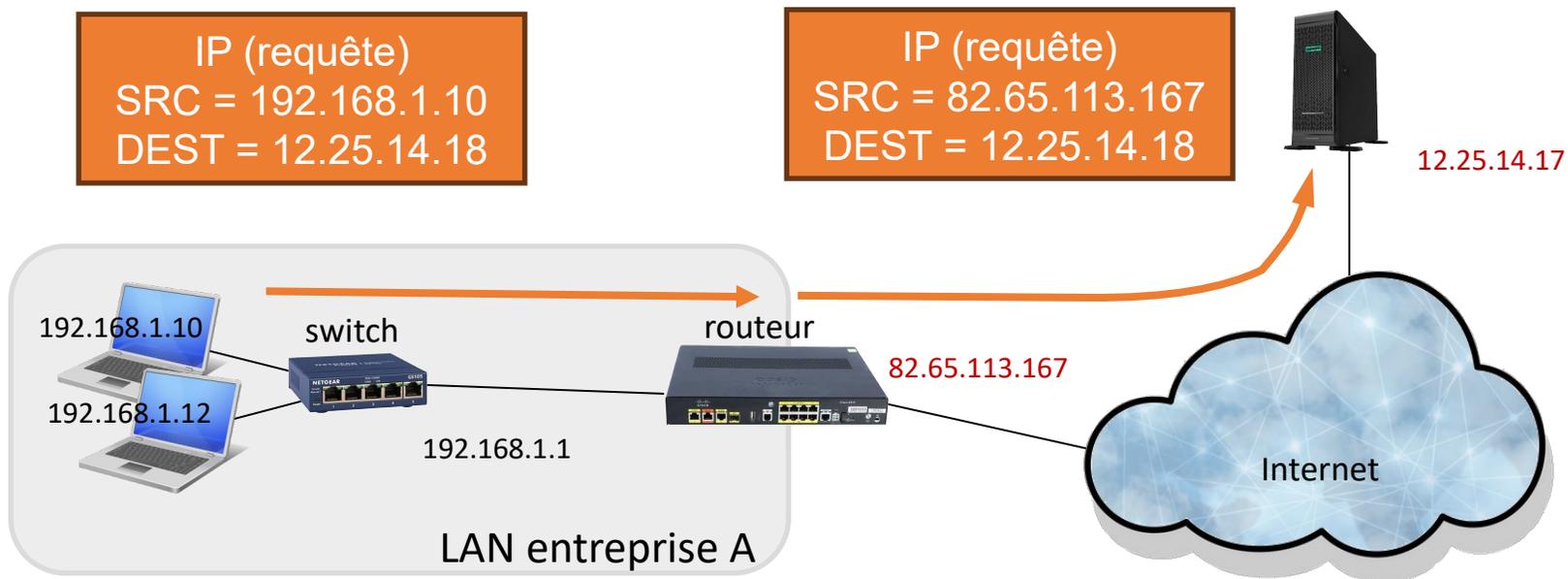
IP (réponse)
SRC = 12.25.14.18
DEST = 192.168.1.10
lequel ?

- Si un datagramme sortait sur internet avec comme adresse IP source, une adresse privée,
- alors, le routage de la réponse serait impossible ...



Routage NAT (LAN-> Internet)

- Lorsqu'un datagramme traverse un routeur du LAN -> Internet, le routeur remplace l'adresse source privée par l'adresse publique



Routage NAT (LAN-> Internet)

- La réponse est ainsi renvoyée à l'adresse publique.
- C'est par la table des états (IP src – Port src – IP dest – port dest) que le routeur saura restituer les réponses au bon équipement qui était à l'initiative de la requête.

