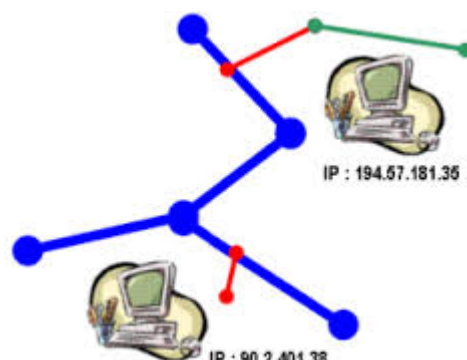


Adressage IP

Table des matières

1. Introduction.....	2
2. Délivrance des adresses IPv4.....	2
3. Anatomie d'une adresse IP.....	2
3.1. Décomposition en classes.....	3
3.2. Adresses particulières.....	4
3.3. Sous-réseaux.....	6
3.4. CIDR.....	7
4. Le routage.....	7
4.1. Les réseaux privés.....	9
5. Exercices.....	9
Exercice 1.....	9
Exercice 2.....	10
Exercice 3.....	10
Exercice 4.....	10
Exercice 5.....	10
Exercice 6.....	10
Exercice 7.....	10
Exercice 8.....	11
Exercice 9.....	11

L'Internet est un réseau virtuel, construit par interconnexion de réseaux physiques via des passerelles. L'adressage est le maillon essentiel des protocoles TCP/IP pour rendre transparents les détails physiques des réseaux et faire apparaître l'Internet comme une entité uniforme.



1. Introduction

Un système de communication doit pouvoir permettre à n'importe quel hôte de se mettre en relation avec n'importe quel autre. Afin qu'il n'y ait pas d'ambiguïté pour la reconnaissance des hôtes possibles, il est absolument nécessaire d'admettre un principe général d'identification :

1. Le nom de la machine distante,
2. son adresse,
3. la route à suivre pour y parvenir.

Le nom dit « qui » est l'hôte distant, l'adresse nous dit « où » il se trouve et la route « comment » on y parvient.

Les adresses IP (version 4) sont standardisées sous forme d'un nombre de 32 bits qui permet à la fois l'identification de chaque hôte et du réseau auquel il appartient. Chaque adresse IP contient donc deux informations basiques, une adresse de réseau et une adresse d'hôte. La combinaison des deux désigne de manière unique une machine et une seule sur l'Internet.

2. Délivrance des adresses IPv4

On distingue deux types d'adresses IP. Les adresses **privées** que tout administrateur de réseau peut s'attribuer librement pourvu qu'elle ne soient pas routées sur l'Internet, et les adresses **publiques**, délivrées par une structure mondiale qui en assure l'unicité.

C'est L'ICANN (Internet Corporation for Assigned Names and Numbers) qui est chargé au niveau mondial de la gestion de l'espace d'adressage IP. Il définit les procédures d'attribution et de résolution de conflits dans l'attribution des adresses, mais délègue le détail de la gestion de ces ressources à des instances régionales puis locales, dans chaque pays, appelées « Regional Internet Registries » ou RIR.

Il y a actuellement trois « Regional Internet Registries » opérationnels :

- l'APNIC pour la région Asie-Pacifique
- l'ARIN pour l'Amérique
- le RIPE NCC pour l'Europe
- l'AfriNIC pour l'Afrique
- le LACNIC pour l'Amérique Latine

3. Anatomie d'une adresse IP

À l'origine, plusieurs groupes d'adresses ont été définis dans le but d'optimiser le cheminement (ou le routage) des paquets entre les différents réseaux. Ces groupes ont été baptisés classes d'adresses IP. Ces classes correspondent à des regroupements en réseaux de même taille. Les réseaux de la même classe ont le même nombre d'hôtes maximum.

Une adresse IP est un nombre de 32 bits que l'on a coutume de représenter sous forme de quatre entiers de huit bits, séparés par des points.

La partie réseau de l'adresse IP vient toujours en tête, la partie hôte est donc toujours en queue.

L'intérêt de cette représentation est immédiat quand on sait que la partie réseau et donc la partie

hôte sont presque toujours codées sur un nombre entier d'octets. Ainsi, on a principalement les trois formes suivantes :

- Classe **A** : Un octet réseau, **trois octets d'hôtes**.
- Classe **B** : Deux octets réseau, **deux octets d'hôtes**.
- Classe **C** : Trois octets réseau, **un octet d'hôte**.

3.1. Décomposition en classes

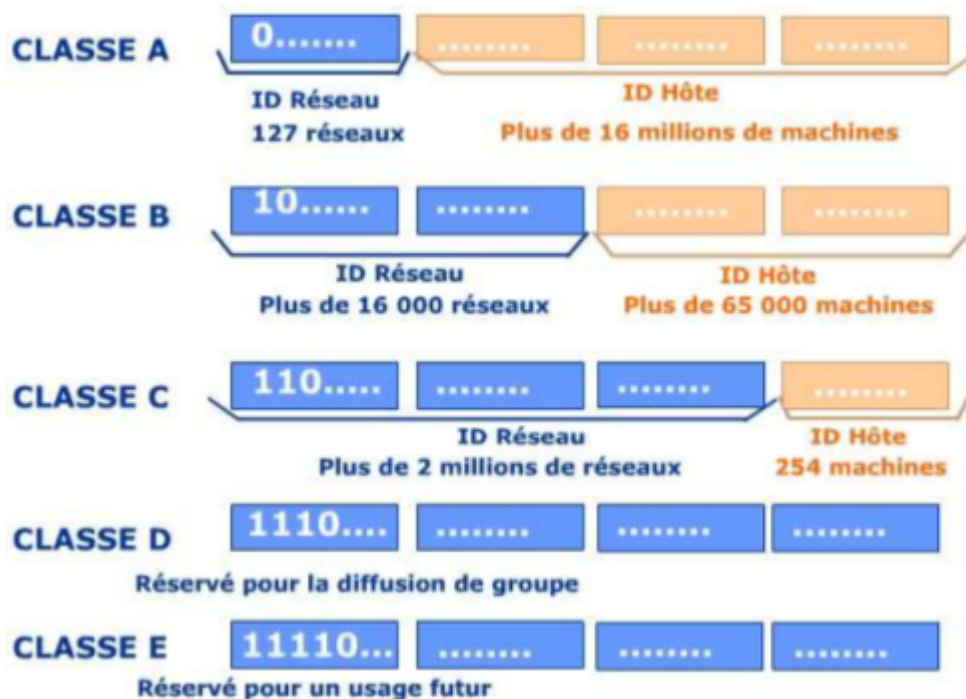
Classe	Masque de sous réseau par défaut	Adresse réseau	Nombre de réseaux	Nombre d'hôtes
A	255.0.0.0	1.0.0.0 à 126.0.0.0	126 ($= 2^7 - 2$)	16 777 214
B	255.255.0.0	128.0.0.0 à 191.255.0.0	16 384 ($= 2^{14}$)	65 534
C	255.255.255.0	192.0.0.0 à 223.255.255.0	2 097 152 ($= 2^{21}$)	254
D	Non défini	224.0.0.0 à 239.255.255.0		
E	Non défini	240.0.0.0 à 255.255.255.0		

Pour distinguer les classes A, B, C, D et E il faut examiner les bits de poids fort de l'octet de poids fort. Ce premier octet désigne le numéro de réseau (**NetID**) et les 3 autres correspondent à l'adresse de l'hôte (**HostID**).

- Si le premier bit est **0**, l'adresse est de classe **A**. On dispose de 7 bits pour identifier le réseau et de 24 bits pour identifier l'hôte. On a donc les réseaux de 1 à 127 et 224 hôtes possibles, c'est à dire 16 777 216 machines différentes (de 0 à 16 777 215).

Remarque : l'adresse réseau 0.0.0.0 n'existe pas et le NetID « 127 » est réservée pour les communications en boucle locale (loopback), ce qui réduit de deux unités le nombre des machines nommables. Il reste donc seulement 16 777 214 machines adressables dans une classe A !

- Si les deux premiers bits sont **10**, l'adresse est de classe **B**. Il reste 14 bits pour identifier le réseau et 16 bits pour identifier la machine. Ce qui fait $2^{14} = 16\,384$ réseaux (128.0 à 191.255) et 65 534 ($65\,536 - 2$) machines.
- Si les trois premiers bits sont **110**, l'adresse est de classe **C**. Il reste 21 bits pour identifier le réseau et 8 bits pour identifier la machine. Ce qui fait $2^{21} = 2\,097\,152$ réseaux (de 192.0.0 à 223.255.255) et 254 ($256 - 2$) machines.



3.2. Adresses particulières

Il existe un certain nombre d'adresses IP réservées :

- hostid = 0 désigne le **réseau lui même**

L'hostid égal à 0 ne sera jamais affecté à un hôte mais il désigne le réseau lui même.

Exemple : 192.145.56.0 est un réseau de classe C dont l'hostid est à 0 donc cette adresse désigne le réseau lui même.

- 0.0.0.0 désigne l'**hôte lui même**

Lorsque tous les bits d'une adresse IP sont à 0, cela signifie "cet hôte-ci sur ce réseau". Cette adresse spéciale est utilisée par un hôte afin d'obtenir une adresse IP de manière dynamique dans le cas du protocole BOOTP.

- Tous les bits de l'hostid = 1 indique une **diffusion dirigée**

Lorsque tous les bits de l'hostid sont égaux à 1, on est en présence non pas d'une adresse d'hôte mais d'une adresse de diffusion dirigée (direct broadcast) c'est à dire un message destiné à tous les hôtes d'un réseau sans exception.

Exemple : 192.145.56.255 est une adresse de classe C dont la partie réservée à l'hostid est égale à 255 donc pour laquelle tous les bits sont à 1, on est donc en présence d'un message destiné à l'ensemble des hôtes du réseau 192.145.56.0.

- 255.255.255.255 = **diffusion limitée**

Une diffusion limitée (limited broadcast) est un message qui est envoyé à tous les hôtes du réseau dont fait partie l'expéditeur. La diffusion limitée est représentée par l'adresse spéciale 255.255.255.255.

- Exemple : L'adresse de destination 255.255.255.255 indique que le message doit être envoyé à tous les hôtes du réseau dont fait partie l'expéditeur.

- netid = 0 indique que l'hôte fait partie du réseau

Lorsque que la partie netid est égale à 0 et que la partie hostid est non nulle, cela signifie qu'on est en présence d'un message issu du même réseau.

Exemple : Si un hôte d'adresse 192.14.25.56 reçoit un paquet à destination de 0.0.0.56, il considérera que ce paquet lui est bien destiné.

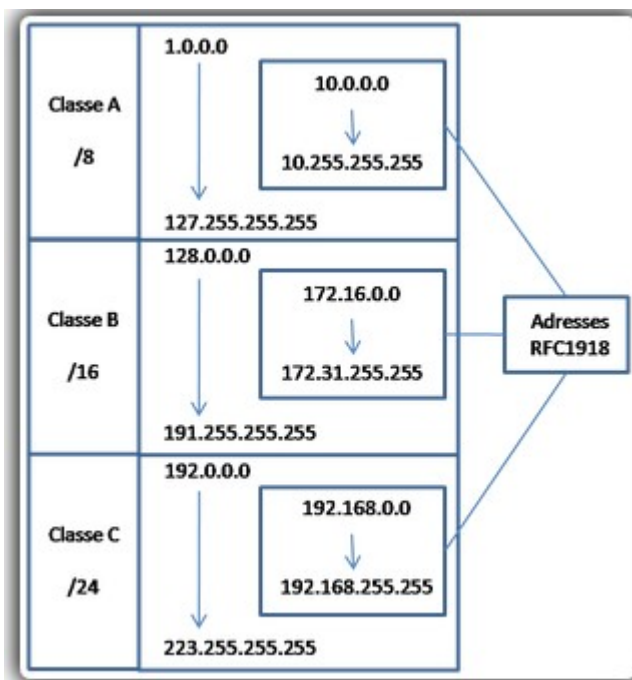
- 127.x.x.x = adresse de bouclage

Le netid 127.0.0.0 qui aurait du normalement faire partie de la classe A est en fait utilisé pour désigner l'adresse de bouclage (loopback), peu importe le hostid utilisé. Un paquet envoyé à cette adresse ne passe pas par les interfaces réseau mais est déposé directement sur le tampon de réception de la machine elle même. Cette adresse de bouclage permet de vérifier la configuration de la couche logicielle TCP/IP d'une machine.

Exemple : 127.0.0.1 désigne l'adresse de bouclage sur la machine elle même.

Quelques exemples d'adresses avec une signification particulière :

- 0.0.0.0 Hôte inconnu, sur ce réseau
- 0.0.0.1 L'hôte 1 de ce réseau
- 255.255.255.255 Tous les hôtes
- 138.195.52.1 L'hôte 52.1 du réseau 138.195.0.0
- 138.195.0.0 Cet hôte sur le 138.195.0.0
- 193.104.1.255 Tous les hôtes du 193.104.1.0
- 127.0.0.1 Cet hôte (boucle locale).



Au sein de chacune des classes, il existe un sous-espace d'adresses appelées adresses RFC1918. Ces adresses ne sont pas routées sur l'Internet, on les appelle également adresses IP privées.

3.3. Sous-réseaux

Pour compenser les problèmes de distribution de l'espace d'adressage IP, la première solution utilisée a consisté à découper une classe d'adresses IP A, B ou C en sous-réseaux. Cette technique appelée « **subnetting** » a été formalisée en 1984.

Le « subnet » utilise les bits de poids fort de la partie hôte de l'adresse IP, pour désigner un réseau. Le nombre de bits employés est laissé à l'initiative de l'administrateur.

Pour illustrer le fonctionnement du découpage en sous-réseaux, nous allons utiliser un exemple pratique. On reprend l'exemple de la classe C : 192.168.1.0 dont le masque de sous-réseau par défaut est 255.255.255.0. Sans découpage, le nombre d'hôtes maximum de ce réseau est de 254.

Considérant qu'un domaine de diffusion unique pour 254 hôtes est trop important, on choisit de diviser l'espace d'adressage de cette adresse de classe C. On réserve 3 bits supplémentaires du 4ème octet en complétant le masque de sous-réseau. De cette façon on augmente la partie réseau de l'adresse IP et on diminue la partie hôte.


Classe C avec « subnetting » sur 3 bits				
NetID				HostID
1111 1111	1111 1111	1111 1111	111	0 0000
255	255	255	224	
octet 1	octet 2	octet 3	octet 4	

$2^3 = 8$ sous-réseaux

Sous réseau	Masque	@ réseau	Plage d'@ utilisables	@ de diffusion
0	255.255.255.224	192.168.1.0	192.168.1.1 192.168.1.30	192.168.1.31
1		192.168.1.32	192.168.1.33 192.168.1.62	192.168.1.63
2		192.168.1.64	192.168.1.65 192.168.1.94	192.168.1.95
3		192.168.1.96	192.168.1.97 192.168.1.126	192.168.1.127
4		192.168.1.128	192.168.1.129 192.168.1.158	192.168.1.159
5		192.168.1.160	192.168.1.161 192.168.1.190	192.168.1.191
6		192.168.1.192	192.168.1.193 192.168.1.222	192.168.1.223
7		192.168.1.224	192.168.1.225 192.168.1.254	192.168.1.255

Nbre de s/réseaux = nbre de bits attribués en plus au netID²

On peut remarquer que le nombre maximum d'adresses d'hôtes disponibles correspond à l'espace d'adressage du sous-réseau moins deux. C'est parce que la première adresse désigne le réseau et que la dernière est l'adresse de diffusion (broadcast) vers tous les hôtes du sous-réseau.

Exemple de subnetting, cliquez sur l'image 

3.4. CIDR

En 1992 la moitié des classes B étaient allouées, et si le rythme avait continué, au début de 1994 il n'y aurait plus eu de classe B disponible et l'Internet aurait bien pu mourir par asphyxie ! De plus la croissance du nombre de réseaux se traduisait par un usage « aux limites » des routeurs.

Deux considérations qui ont conduit l'IETF¹ à mettre en place le CIDR² basé sur une constatation de simple bon sens :

- S'il est courant de rencontrer une organisation ayant plus de 254 hôtes, il est moins courant d'en rencontrer une de plus de quelques milliers.

Les adresses allouées sont donc des classes C contiguës, attribuées par région ou par continent. En générale, 8 à 16 classes C mises bout à bout suffisent pour une entreprise.

Ainsi par exemple il est courant d'entendre les administrateurs de réseaux parler d'un « slash 22 » (/22) pour désigner un bloc de quatre classes C consécutives...

- Il est plus facile de prévoir une table de routage pour un bloc d'adresses contiguës qu'adresse par adresse, en plus cela allège les tables.

4. Le routage

Deux hôtes ne se situant pas dans le même sous-réseau ne peuvent pas communiquer directement. Il faut une passerelle entre les deux pour transmettre à l'un, les données au nom de l'autre.

Dans un réseau comprenant plusieurs routeurs, la passerelle par défaut³ est l'interface du routeur vers laquelle sont dirigés tous les paquets dont on ne connaît pas la route à emprunter pour atteindre le réseau dans lequel se trouve le destinataire. Chaque routeur a une table de routage constituée d'une liste des différentes "routes" (chemins) vers d'autres sous-réseaux.

Soient 2 ordinateurs : Azur-PC et Safran-PC dont les cartes réseau sont configurées ainsi :

Nom	Adresse IP	Masque de sous-réseau
Azur-PC	192.0.1.5	255.255.255.0
Safran-PC	72.40.2.1	255.0.0.0

Azur-PC a recours à un processus nommé **ANDing**, pour déterminer si Safran-PC, avec qui il veut communiquer, est dans le même sous-réseau que lui. Il réalise que ce n'est pas le cas, il va donc transférer son message à la passerelle en lui indiquant l'adresse du destinataire.

Supposons que ce soit un routeur qui offre ce service. Il a 2 interfaces. Pour que la communication puisse avoir lieu, une de ses interfaces doit être dans le même sous-réseau que Azur-PC et l'autre dans le même que Safran-PC. Voici une configuration possible pour ce routeur :

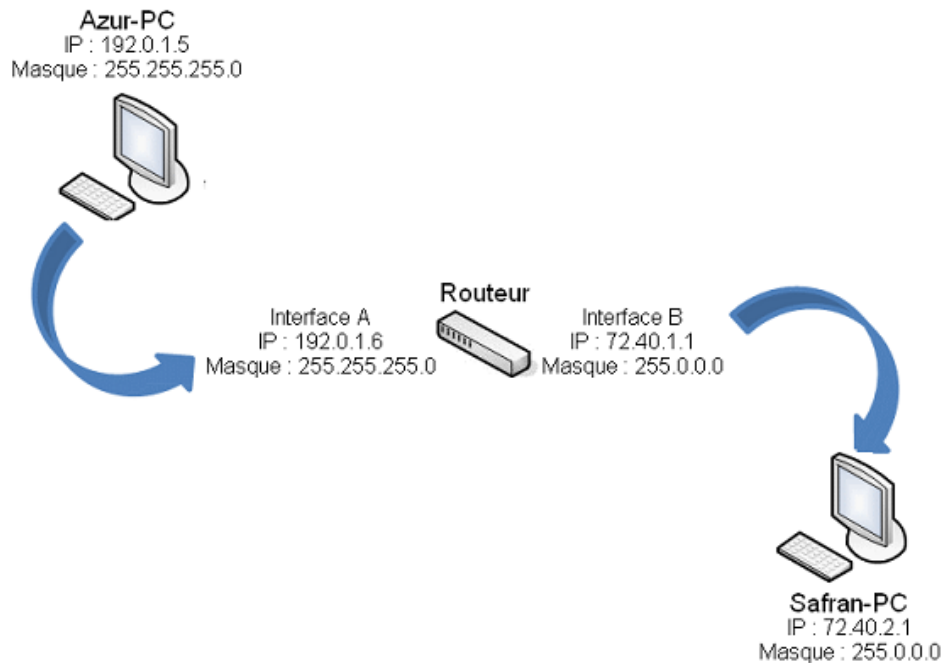
Interface	Adresse IP	Masque de sous-réseau
A	192.0.1.6	255.255.255.0
B	72.40.1.1	255.0.0.0

1 Internet Engineering Task Force

2 Classless InterDomain Routing : routage sans classe inter domaines

3 default gateway

Avec une telle configuration, Azur-PC et Safran-PC peuvent à présent communiquer. Quand Azur-PC voudra parler à Safran-PC, il vérifiera grâce au ANDing si le destinataire est dans le même sous-réseau. Si oui, il enverra son message directement à son adresse IP, sinon, il l'envoie à la passerelle en lui demandant de transmettre à bon port.



Déterminer si l'adresse IP du destinataire est dans le même sous-réseau que celle de l'émetteur est assez simple. La carte réseau de l'émetteur connaît son adresse IP, son masque de sous-réseau et l'adresse IP du destinataire. Elle fait un ET logique (AND) entre l'adresse IP de l'émetteur et son masque de sous-réseau pour trouver son network ID. Ensuite, elle fait un ET logique entre l'adresse IP du destinataire et le masque de sous-réseau de l'émetteur et compare le résultat avec le network ID obtenu précédemment. Si les deux valeurs sont identiques, alors l'émetteur et le destinataire sont dans le même sous-réseau. Sinon, ils sont dans des sous-réseaux différents.

Nom	Azur-PC	
Adresse IP	192.0.1.5	11000000.00000000.00000001.00000101
masque	255.255.255.0	11111111.11111111.11111111.00000000
	AND	11000000.00000000.00000001.00000000
Adresse réseau	192.1.0.0	

Nom	Safran-PC	
Adresse IP	72.40.2.1	10010000.00101000.00000010.00000001
masque	255.0.0.0	11111111.00000000.00000000.00000000
	AND	10010000.00000000.00000000.00000000
Adresse réseau	72.0.0.0	

Nous n'obtenons pas les mêmes valeurs. Par conséquent, ces deux adresses IP (142.20.1.15 et 92.40.1.14) ne sont pas dans le même sous-réseau.

4.1. Les réseaux privés

Une adresse Internet doit être unique dans un inter réseau. Cette considération, qui ne posait pas trop de problèmes pour des réseaux d'entreprise coupés du reste du monde, devient très restrictive à l'échelle de l'Internet où chaque adresse IP doit être unique à l'échelle planétaire.

Pour permettre aux entreprises désirant construire un réseau privé, il a donc été réservé dans chaque classe A, B et C des adresses de réseaux qui ne sont jamais attribuées sur l'Internet. Tout paquet de données contenant une adresse appartenant à ces réseaux doit être éliminé par le premier routeur établissant une connexion avec l'Internet.

Ces réseaux privés sont:

Classe	Réseaux privés	Identification
A	10.0.0.0	Pour les réseaux privés
	127.0.0.0	Pour l'interface de boucle locale "localhost"
B	172.16.0.0 à 172.31.0.0	Pour les réseaux privés
C	192.168.0.0 à 192.168.255.0	Pour les réseaux privés

5. Exercices

Exercice 1

Convertissez les adresses IP suivantes en binaire :

- 145.32.59.24
- 200.42.129.16
- 14.82.19.54

Trouvez la classe des adresses IP suivantes :

- 10000000. 00001010. 11011000. 00100111
- 11101101. 10000011. 00001110. 01011111
- 01001010. 00011011. 10001111. 00010010
- 11001001. 11011110. 01000011. 01110101
- 10000011. 00011101. 00000000. 00000111

Pour chaque adresse, surligner la partie demandée :

- PARTIE RESEAU : 1.102.45.177
- PARTIE HOTE : 196.22.177.13
- PARTIE RESEAU : 133.156.55.102
- PARTIE HOTE : 221.252.77.10
- PARTIE RESEAU : 123.12.45.77
- PARTIE HOTE : 126.252.77.103
- PARTIE RESEAU : 13.1.255.102

- PARTIE HOTE : 171.242.177.109

Exercice 2

Afin de disposer de sous réseaux on utilise le masque de 255.255.240.0 avec une adresse de réseau de classe B

- Combien d'hôtes pourra-t-il y avoir par sous réseau ?
- Quel est le nombre de sous réseaux disponibles ?

Exercice 3

Une entreprise veut utiliser l'adresse réseau 192.168.90.0 pour 4 sous réseaux.

Le nombre maximum d'hôtes par sous réseau étant de 25, quel masque de sous réseau utiliseriez vous pour résoudre ce problème ?

Exercice 4

Quelles sont les adresse IP couvertes par l'adresse CIDR 192.168.10.0/20 ?

Exercice 5

Indiquez en regard de chaque plage d'adresses le réseau en notation standard et CIDR

Plage d'adresses	notation CIDR
Ex : 10.0.0.1. -- 10.255.255.254	10.0.0.0 / 8
172.16.80.1 -- 172.16.87.254	
192.168.15.117 -- 192.168.15.118	
172.16.0.1 -- 172.31.255.254	
10.1.64.1 – 10.1.127.254	
210.44.8.81 -- 210.44.8.94	

Exercice 6

Une machine est configurée avec l'adresse IP 192.168.1.1 et un masque de réseau 255.255.255.0.

- Donnez l'adresse du réseau et l'adresse de diffusion sur ce réseau.
- Même question avec l'adresse IP 172.26.17.100 et le masque de réseau 255.255.240.0.
- Même question avec l'adresse IP 193.48.57.163 et le masque de réseau 255.255.255.224.

Exercice 7

Le réseau 192.168.130.0 utilise le masque de sous réseau 255.255.255.224.

A quels sous réseaux appartiennent les adresses suivantes :

- 192.168.130.10
- 192.168.130.67

- 192.168.130.93
- 192.168.130.199
- 192.168.130.222
- 192.168.130.250

Exercice 8

Une société possède 73 machines qu'elle souhaite répartir entre 3 sous-réseaux.

- sous-réseaux 1 : 21 machines
- sous-réseaux 2 : 29 machines
- sous-réseaux : 23 machines

Elle souhaite travailler avec des adresses IP privées.

On vous demande :

1. De sélectionner la classe des adresses IP
2. De calculer le nombre de bits nécessaires à la configuration des sous-réseaux
3. De calculer le masque de sous-réseau
4. De calculer le nombre de machines configurables dans chaque sous-réseau
5. De calculer les adresses des premières et dernières machines réellement installées dans chaque département.

Exercice 9

1. Pour configurer l'interface d'un hôte qui doit se connecter à un réseau existant, on nous donne l'adresse 172.16.19.40/21.

Question 1.1 : Quel est le masque réseau de cette adresse ?

Question 1.2 : Combien de bits ont été réservés pour les sous-réseaux privés ?

Question 1.3 : Combien de sous-réseaux privés sont disponibles ?

Question 1.4 : Quelle est l'adresse du sous-réseau de l'exemple ?

Question 1.5 : Quelle est l'adresse de diffusion du sous-réseau de l'exemple ?

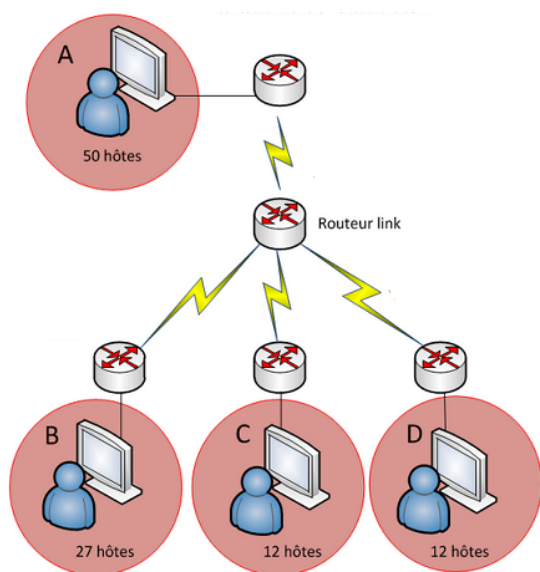
2. Considérons le réseau 40.0.0.0.

Question 2 : Donner le plan d'adressage pour le diviser en 20 sous-réseaux.

3. Considérons le réseau 158.37.0.0.

Question 3 : Donner le plan d'adressage pour avoir 1800 hôtes par sous-réseau.

4. Considérons le sous-réseau 192.168.100.0/24. On souhaite une segmentation par fonctions :
 - Un sous-réseau de 50 hôtes, uniquement pour les secrétaires de l'entreprise.
 - Deux sous-réseaux de 12 hôtes chacun, pour les techniciens et les comptables.
 - Un sous-réseau de 27 hôtes pour les développeurs d'applications.



Les réseaux B, C, D ne peuvent communiquer qu'avec A.

Question 4 : Déterminer le plan d'adressage pour réaliser ce cahier des charges.