

GIF-332

RÉSEAUX ET PROTOCOLES DE COMMUNICATION

ÉTÉ 2023



SOMMAIRE

E1 Équipements réseaux

E2 CSMA/CD

E3 Routage et sous-réseaux

E4 Vecteurs de distance

E5 États des liens



E1 Équipements réseaux

On retrouve sur le marché des équipements de réseaux connus sous les noms de répéteur (repeater), concentrateur (hub), pont (bridge), commutateur (switch), routeur (router) et passerelle (gateway). À quoi servent-ils ? Dans quelle couche opèrent-ils ?

E1

Équipements réseaux

Répéteur (repeater)

Un répéteur est un dispositif électronique combinant un **récepteur** et un **émetteur**, qui compense les pertes de transmission d'un média en amplifiant et traitant éventuellement le signal, sans modifier son contenu.

Un répéteur permet donc d'**augmenter l'étendue géographique d'un réseau** et **compense pour les contraintes physiques du média utilisé** par le réseau.

Un répéteur opère dans la **couche 1** soit la couche

- **Physique** du modèle OSI
- **Accès Réseau** du modèle TCP/IP

E1

Équipements réseaux

Concentrateur (hub)

Un concentrateur est un équipement qui a plusieurs ports et qui permet de relier plusieurs nœuds d'un même réseau Ethernet.

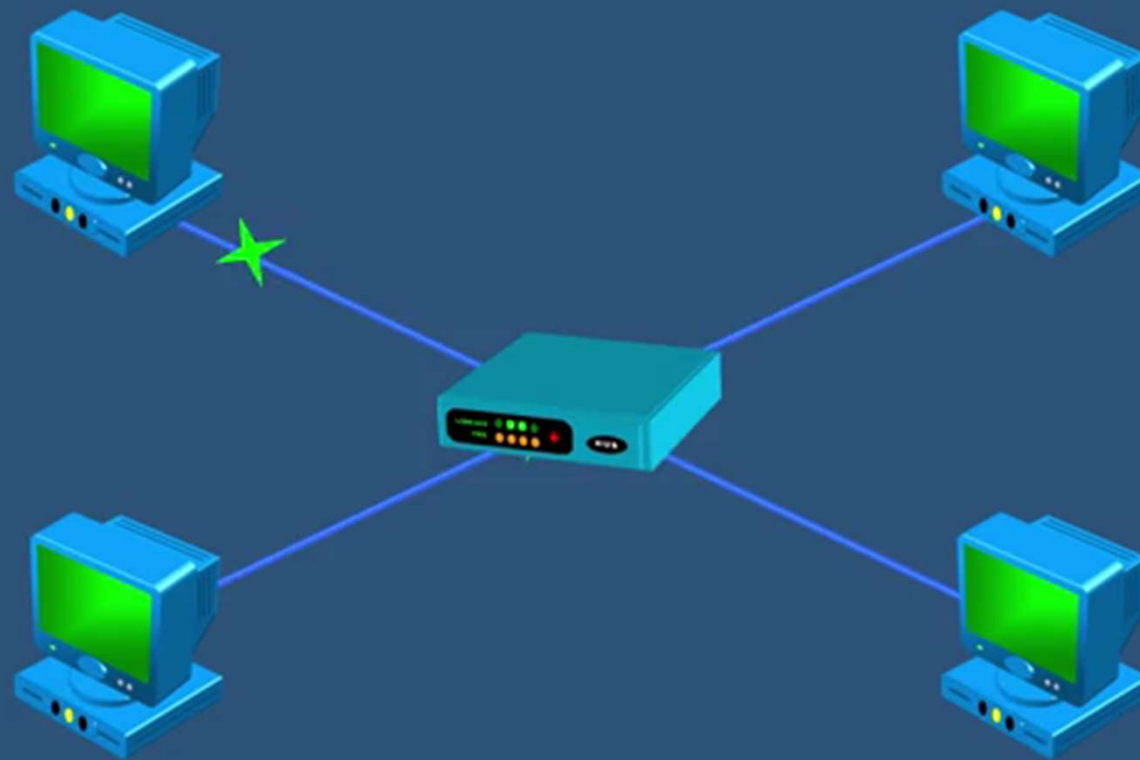
Un concentrateur est peu intelligent. Il détecte simplement s'il y a des machines connectées à ses ports. Si un paquet est reçu sur un des ports, il n'analyse pas l'adresse de destination et retransmet le paquet sur tous ces autres ports.

Un concentrateur opère au niveau des couches :

- **Liaison de données (couche 2)** du modèle OSI
- **Accès Réseau (couche 1)** du modèle TCP/IP



Hub



PowerCert

E1

Équipements réseaux

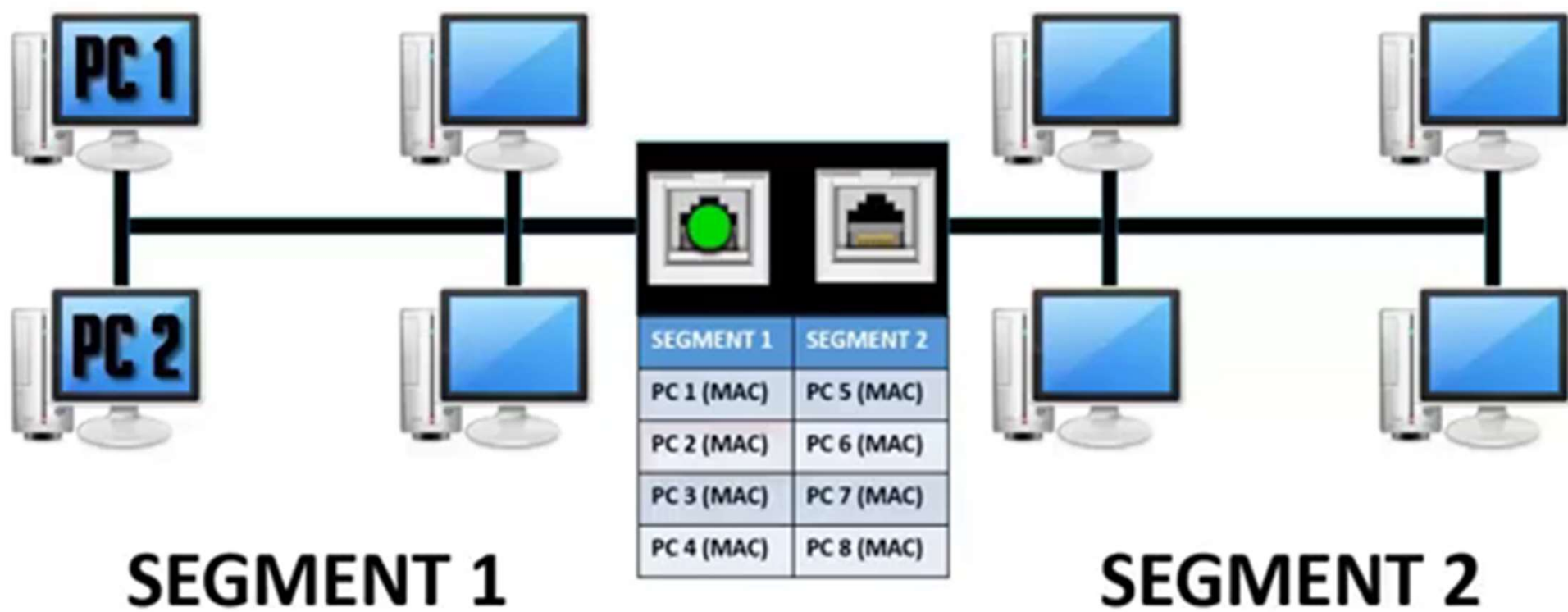
Pont (Bridge)

Un pont est un équipement de type passerelle. Son objectif est d'interconnecter deux segments de réseaux distincts, soit de technologies différentes, soit de même technologie, mais physiquement séparés à la conception pour diverses raisons (géographique, extension de site etc.).

Son usage le rapproche fortement de celui d'un commutateur, à l'unique différence que le commutateur ne convertit pas les formats de transmissions de données.

Un pont opère aux couches:

- Liaison de données (couche 2) du modèle OSI
- Accès Réseau (couche 1) du modèle TCP/IP



E1 Équipements réseaux

Commutateur (Switch)

Un commutateur est aussi un équipement permettant de relier plusieurs nœuds d'un même réseau Ethernet.

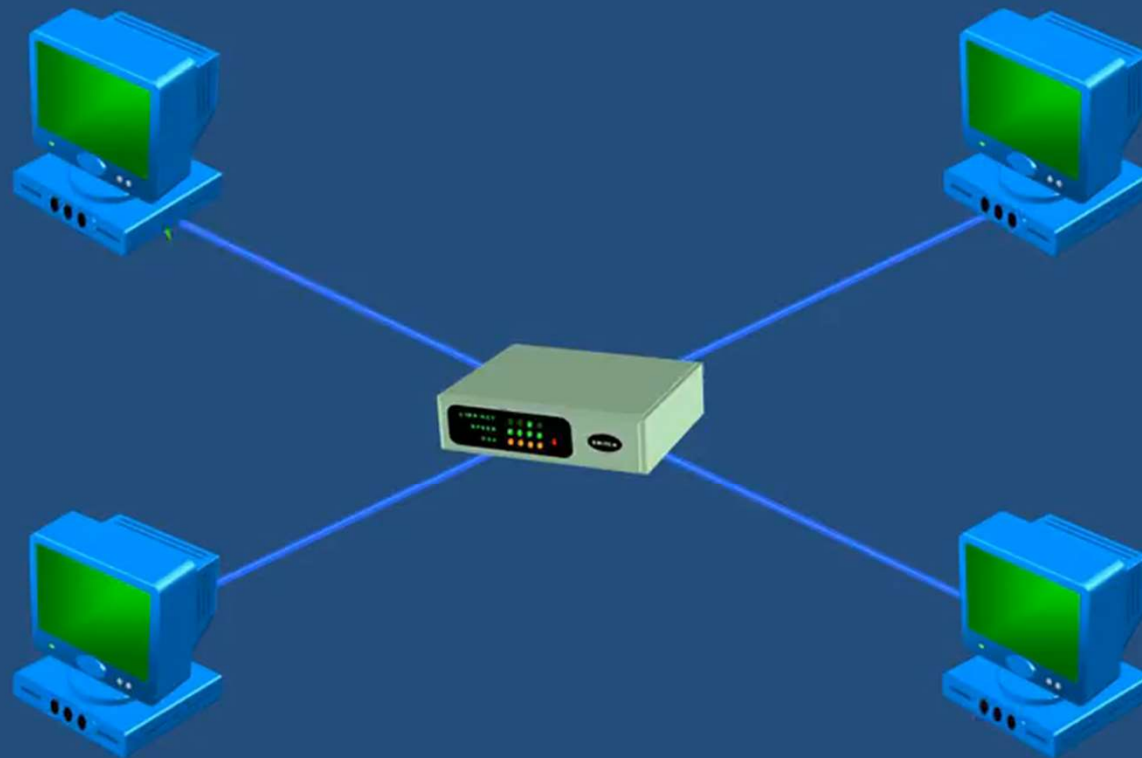
Un commutateur est plus intelligent qu'un concentrateur. Il est capable de mappé des ports à des adresses MAC et de les garder en mémoire.

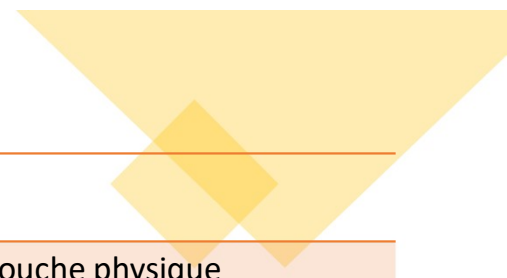
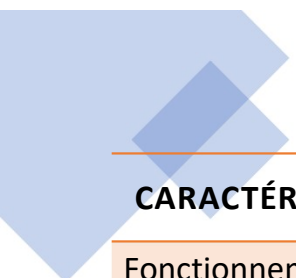
Un commutateur opère au niveau des couches :

- **Liaison de données (couche 2)** du modèle OSI
- **Accès Réseau (couche 1)** du modèle TCP/IP

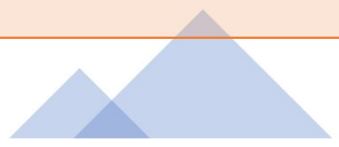
Les commutateurs opèrent souvent jusqu'à une couche supérieure dans les deux modèles

Switch





CARACTÉRISTIQUE	COMMUTATEUR (SWITCH)	CONCENTRATEUR (HUB)
Fonctionnement	Fonctionne au niveau de la couche de liaison	Fonctionne au niveau de la couche physique
Transmission des données	En mode full-duplex (bidirectionnelle)	En mode half-duplex (unidirectionnelle)
Gestion du trafic	Intelligente et gère le trafic de manière sélective	Transmet les données à tous les ports
Adresses MAC	Possède une table d'adresses MAC pour le filtrage	Ne possède pas de table d'adresses MAC
Latence	Faible latence	Plus élevée en raison de la transmission à tous les ports
Capacité de bande passante	Chaque port dispose de sa propre bande passante	Les ports partagent la bande passante
Sécurité	Peut offrir des fonctionnalités de sécurité avancées (VLANs, ACL, etc.)	Pas de fonctionnalités de sécurité avancées
Extensibilité	Extensible	Non extensible
Coût	Généralement plus cher, mais peu de différence aujourd'hui.	Généralement moins cher



E1

Équipements réseaux

Routeur (Router)

Un routeur est un équipement qui permet d'acheminer des paquets entre plusieurs réseaux. Les concentrateurs et commutateurs ne peuvent pas être utilisés pour envoyer des données sur un autre réseau.

Un routeur achemine les paquets en se basant sur leur adresse IP de destination. Il est capable de garder des informations en mémoire, comme le commutateur, dans une table de routage.

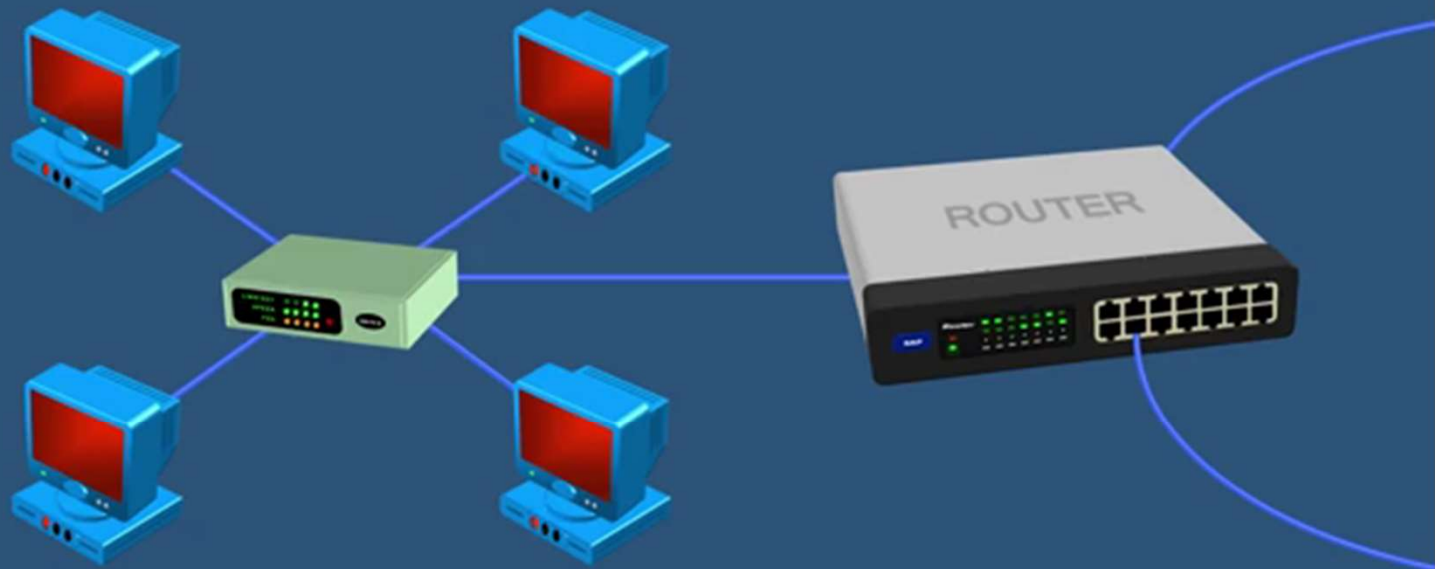
Un routeur opère au niveau des couches :

- **Réseau (couche 3)** du modèle OSI
- **Internet (couche 2)** du modèle TCP/IP



Router

The *RED* network



E1

Équipements réseaux

Passerelle (Gateway)

Une passerelle est le nom générique d'un équipement permettant de relier deux réseaux informatiques de types différents.

Ainsi

- un répéteur est une passerelle de niveau 1
- un pont est une passerelle de niveau 2
- un routeur est une passerelle de niveau 3

Cependant, le terme passerelle désigne plus couramment un routeur qui permet de relier un réseau local au réseau Internet.

Une passerelle peut opérer dans plusieurs couches selon le type de liaison effectuée

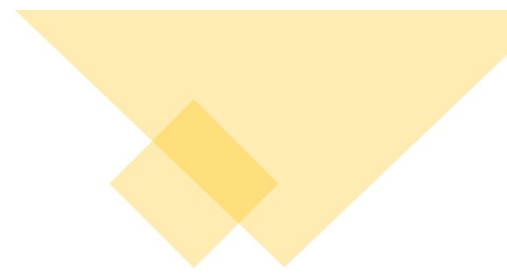
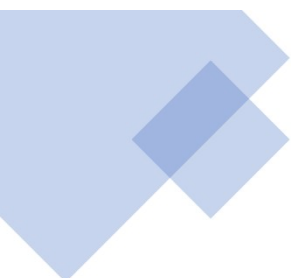
E2

CSMA/CD


Expliquer en quoi consiste le protocole de gestion d'accès CSMA/CD utilisé sur un réseau Ethernet

La norme 802.3 utilise un protocole de gestion d'accès de type CSMA/CD, c'est-à-dire Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection.

1. **Écoute du support (Carrier Sense)** : Avant de transmettre des données, un périphérique qui souhaite envoyer des informations vérifie d'abord si le support de transmission est libre. Il écoute le média partagé pour détecter toute activité de transmission provenant d'autres périphériques. S'il détecte une activité, cela indique que le support est occupé et le périphérique attendra une période aléatoire avant de réessayer.
2. **Détection de collision (Collision Detection)** : Si le périphérique détecte que le support est libre, il commence à transmettre ses données. Cependant, plusieurs périphériques peuvent détecter le support libre simultanément et tenter de transmettre en même temps. Si une collision se produit, c'est-à-dire si deux ou plus de périphériques transmettent en même temps, ils détectent la collision presque instantanément.
3. **Algorithme d'exponentiation binaire (Binary Exponential Backoff)** : Lorsqu'une collision est détectée, les périphériques qui ont été impliqués dans la collision arrêtent immédiatement la transmission et envoient un signal de brouillage pour informer les autres périphériques qu'une collision s'est produite. Ensuite, ces périphériques utilisent un algorithme appelé "exponentiation binaire" pour déterminer un temps d'attente aléatoire avant de réessayer la transmission.



Caractéristique	CSMA/CD	CSMA/CA
Type de réseau	Utilisé dans les réseaux filaires Ethernet	Utilisé dans les réseaux sans fil WLAN (Wi-Fi)
Détection des collisions	Détecte les collisions après qu'elles se produisent	Évite les collisions avant qu'elles ne se produisent
Transmission des données	En mode half-duplex (unidirectionnelle)	En mode half-duplex ou full-duplex (bidirectionnelle)
Méthode d'accès au support	Utilise une méthode de détection de support occupé avant de transmettre	Utilise des réservations de canal et des fenêtres de contention pour éviter les collisions
Latence	Plus élevée en raison de la détection des collisions et des retransmissions	Plus basse grâce à la réservation de canal et à l'évitement de collisions
Exemple d'implémentation	Ethernet (10BASE-T, 100BASE-TX)	Wi-Fi (IEEE 802.11)



E3

Routeur et sous-réseaux

E3.1 À quel niveau des couches OSI s'effectue le routage ?

Couche 3 soit la couche **Réseau** pour le modèle OSI
Couche 2 soit la couche Internet pour le modèle TCP/IP

E3.2 Sur quel champ du paquet IP se basent les routeurs pour décider quel chemin celui-ci devrait prendre ?

L'adresse IP destination

E3.3 Les routeurs peuvent-ils changer des champs dans un paquet IP ? Lesquels ?

- **Identification**
- **Fragment offset**
- **Time to live** (décrémenter à chaque saut)
- **Header checksum** (recalculer à chaque saut)

E3

Routeur et sous-réseaux

E3.4 Pourquoi a-t-on recours à la fragmentation de paquets ?

L'ensemble de données est trop grand, et si on essaie de les envoyer toutes ensemble, il y a plus de probabilité d'erreurs, et le coût de retransmission sera très élevé.

E3.5 Les fragments d'un paquet doivent-ils nécessairement passer par un même chemin ? Pourquoi ?

Non, si l'on applique les méthodes de routage par paquets.

Oui, si un circuit virtuel a été établi.

E3

Routeur et sous-réseaux

E3.6 Quelle est l'utilité d'un masque de sous-réseau ?

On considérait autrefois que l'adresse du réseau était définie par sa classe, et obtenue en appliquant l'opérateur booléen ET bit à bit entre le masque par défaut associé et l'adresse IPv4. La notion de classe est cependant considérée comme désuète depuis l'avènement du routage sans classe.

Un masque de sous-réseau est donc un masque distinguant les bits d'une adresse IPv4 utilisés pour identifier le sous-réseau de ceux utilisés pour identifier l'hôte. L'adresse du sous-réseau est obtenue en appliquant l'opérateur ET binaire entre l'adresse IPv4 et le masque de sous-réseau.

E3

Routeur et sous-réseaux

E3.7 Supposons qu'un réseau A a pour adresse 132.210.75.0 et un masque 255.255.248.0. Des paquets provenant d'une machine du réseau A sont destinés à des interfaces dont les adresses IP sont:

- a) 132.212.73.3
- b) 132.210.72.7
- c) 132.210.25.122
- d) 24.212.75.4

Le(s) quel(s) de ces paquets sera(ont) acheminé(s) vers l'extérieur du réseau par le routeur de ce réseau.

On trouve d'abord l'adresse de base du réseau:

255.255.248.0	=	11111111	11111111	11111		000	00000000
132.210.75.0	=	10000100	11010010	01001		011	00000000
	=	10000100	11010010	01001		000	00000000

Ce qui 132.210.72.0 en base 10

E3

Routeur et sous-réseaux

a) 132.212.73.3/21

255.255.248.0	=	11111111	11111111	11111		000	00000000
132.212.73.3	=	10000100	11010100	01001		001	00000011
	=	10000100	11010100	01001		000	00000000

Ce qui donne 132.212.72.0 en base 10. Puisque cela ne correspond pas à l'adresse de base du sous-réseau, la machine n'en fait pas partie.

b) 132.210.72.7/21

255.255.248.0	=	11111111	11111111	11111		000	00000000
132.210.72.7	=	10000100	11010010	01001		000	00000111
	=	10000100	11010010	01001		000	00000000

Ce qui donne 132.210.72.0 en base 10. La machine appartient au sous-réseau

E3

Routeur et sous-réseaux

c) 132.210.25.122/21

255.255.248.0	=	11111111	11111111	11111	000	00000000
132.210.25.122	=	10000100	11010100	00011	001	01111010
	=	10000100	11010100	00011	000	00000000

Ce qui donne 132.210.24.0 en base 10. Puisque cela ne correspond pas à l'adresse de base du sous-réseau, la machine ne fait pas partie du sous-réseau.

d) 24.212.72.7/21

255.255.248.0	=	11111111	11111111	11111	000	00000000
24.212.75.4	=	00011000	11010100	01001	011	00000100
	=	00011000	11010100	01001	000	00000000

Ce qui donne 24.212.72.0 en base 10. La machine n'appartient pas au sous-réseau

E3

Routeur et sous-réseaux

E3.8 Soient les adresses IP suivantes:

- a) 192.168.25.2
- b) 192.168.25.3
- c) 192.168.25.1

a) Définir le masque du plus petit sous-réseau dont feraient partie les machines aux adresses ci-dessus.

Les premiers octets sont tous les mêmes en décimal, alors le réseau est au minimum 192.168.25.X

- a) 00000 010
- b) 00000 011
- c) 00000 001

On peut voir que la partie commune est 11111100, il faut cependant ajouter une adresse broadcast au sous-réseau. Il faudra donc les trois derniers bits pour le représenter. Le masque du réseau est donc 248 pour le dernier octet de l'adresse IP.

On a donc 192.168.25.0/29

A large orange shape on the left side of the slide, consisting of a rectangle with a quarter-circle cutout on its right side.

E3

Routeur et sous-réseaux

E3.8 b) Identifier l'adresse broadcast de ce sous-réseau

L'adresse broadcast d'un sous-réseau met tous les bits de la partie identifiant d'hôte à 1. Pour le dernier octet de l'adresse broadcast de ce sous-réseau, on aura donc 0000111, ce qui donne l'adresse 192.168.25.7

E3

Routeur et sous-réseaux

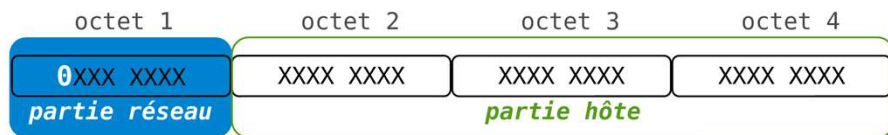
E3.9 À quelles classes d'adresses appartiennent les adresses suivantes (page 478):

a) 132.210.74.1

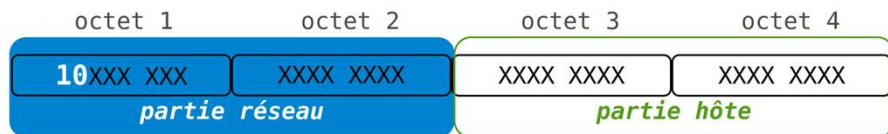
b) 126.6.6.1

c) 194.2.1.1

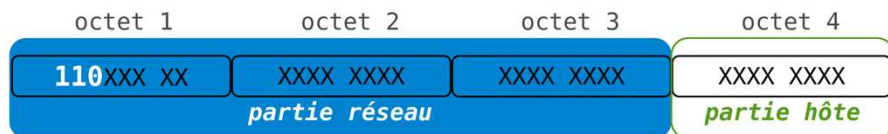
Classe A



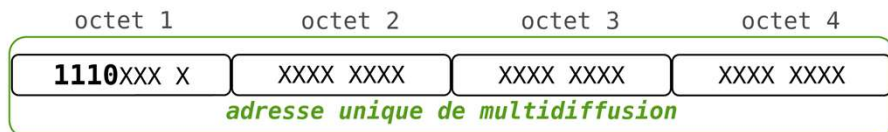
Classe B

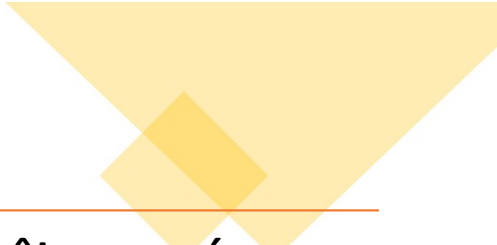
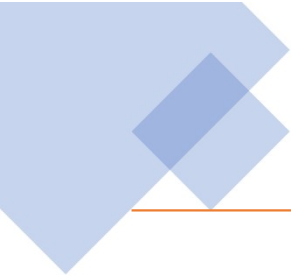


Classe C




Classe D





	IPs	# réseaux	# hôtes par réseau
Classe A	1.0.0.0 à 127.255.255.255	128	~16 millions
Classe B	128.0.0.0 à 191.255.255.255	16,382	65 536
Classe C	192.0.0.0 à 223.255.255.155	~2 millions	256
Classe D	224.0.0.0 à 239.255.255.255	-	-
Classe E	240.0.0.0 à 255.255.255.255	-	-



E3

Routeur et sous-réseaux

E3.9

À quelles classes d'adresses appartiennent les adresses suivantes :

a) 132.210.74.1

b) 126.6.6.1

c) 194.2.1.1

a) 132.210.74.1, la représentation binaire de 132 est : **1000 0100**, nous avons 10 et c'est alors une classe B.

b) 126.6.6.1, la représentation binaire de 126 est : **0111 1110**, nous avons 0 et c'est alors une classe A.

c) 194.2.1.1, la représentation binaire de 194 est : **1100 0010**, nous avons 110 et c'est alors une classe C.

E4

Vecteur de distance

E4.1 Quel est le principe du routage par vecteur de distance ?

Les routeurs transmettent à leurs **voisins immédiats** une **copie de leur table de routage**. Ces tables se modifient au fur et à mesure de leur propagation, car chaque route est associée à une métrique qui croît par défaut d'une unité au passage de chaque routeur.

Le choix de la meilleure route est établi par chaque routeur en considérant la valeur minimale de cette métrique pour toutes les routes qui aboutissent à la même destination.

Seule la meilleure route est propagée, les autres sont oubliées. Pour ces considérations on dit que le calcul de la route est distribué et par conséquent chaque routeur n'a pas la connaissance de la topologie globale du réseau : il n'en connaît qu'une version interprétée par ses voisins.

E4

Vecteur de distance

E4.1 Suite

Les étapes sont:

1. Découverte de voisins.
2. Envoie aux voisins sa table de routage (les routeurs que le routeur peut atteindre et le coût de la route). Le routeur envoie une mise à jour à intervalle de 30 secondes.
3. Lorsqu'un routeur reçoit une table de routage, il regarde les adresses des routeurs et les compare avec sa propre table de routage
 1. Si l'adresse n'existe pas, alors, on l'ajoute.
 2. Si l'adresse existe mais le nouveau coût est plus grand, on ne le met pas à jour.
 3. Si l'adresse existe et le nouveau coût est plus petit, on le met à jour.
 4. Si le nouveau coût est plus grand que 15, alors, le routeur dit que c'est inatteignable

E4

Vecteur de distance

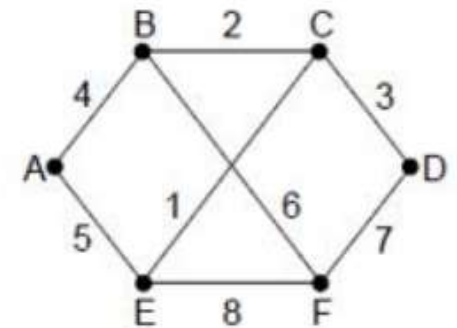
E4.2 Selon le principe du routage par vecteur de distance, quel est la table de routage initial et finale du nœud C ?

Table de routage initiale

Vers	Coût	Via
B	2	B
C	-	-
D	3	D
E	1	E

Table de routage finale

Vers	Coût	Via
A	6	E
B	2	B
C	-	-
D	3	D
E	1	E
F	8	B



E4

Vecteur de distance

E4.3 Quel est le meilleur moyen pour C de se rendre à F ?

Le meilleur moyen de se rendre à F est par **B**

E4.4 Quel est le problème de la valeur infinie ?

Si nous avons trois routeurs $A \leftrightarrow B \leftrightarrow C$

1. Après quelques échanges les routeurs A B et C se connaissent tous.
2. Si A tombe offline B ne peut plus avoir de l'information de manière directe.
3. Mais, C vient de dire à B qu'il connaît une route pour se rendre à A
4. B le prends et ajoute le coût entre B et C.

On voit bien que la valeur de B sera plus grande à chaque fois.

Une petite [video](#) qui illustre bien ce problème

E4

Vecteur de distance

E4.5 **Comment la technique de l'horizon éclaté peut mitiger le problème ?**

- a) Ce qu'on doit faire est de ne pas prendre l'information sur les voisins directs.
- b) C'est à dire, B ne prends pas de l'information pour se rendre à A de C.
- c) B sait que A ne réponds pas

E4.6 **Comment la technique par intoxication d'information peut le faire ?**

Quand un routeur perd la connexion avec son voisin, il va envoyer une route avec un marque numérique de 16, c'est à dire la route n'est pas atteignable.

E4.7 **Nommer un protocole qui utilise le routage par vecteur de distance.**

RIP (Routing Information Protocol)

E5

État des liens

E5.1 Quel est le principe du routage par information d'état des liens ?

On transmet l'information concernant les voisins à tous les routeurs du réseau. Des petits paquets lui permettant d'identifier ses voisins et le coût pour les atteindre, par rapport à la métrique choisie.

E5.2 Quelles sont les étapes d'OSPF ?

1. Découverte de voisins (Envoie de paquets **HELLO**)
2. Mesure du coût de la ligne (Envoie de paquets **ECHO**)
3. Élaboration des paquets d'état de lien **LSA** (Link State Advertisements)
4. Inondation des LSA
5. Calcul des routes (plus court chemin Dijkstra)
6. Création de la table de routage

E5 État des liens

E5.3 Le routage par informations d'états des liens utilise de l'inondation. Que cela signifie-t-il ?

- a) Chaque routeur est responsable de la reconnaissance de ses voisins directs.
- b) Chaque routeur établit un paquet nommé Link State Packet (LSP) qui contient la liste des noms et des coûts de la métrique choisie pour atteindre chacun de ses voisins.
- c) Le LSP est propagé à tous les routeurs et chacun conserve le plus récent LSP reçu des autres routeurs dans une base de données (Link State Database).
- d) Chaque routeur a la responsabilité du calcul du chemin à coût minimum pour atteindre tous les nœuds du réseau.
- e) Les changements de topologie du réseau de routeurs sont rapidement détectés, annoncés au voisinage, et pris en compte pour recalculer les routes.

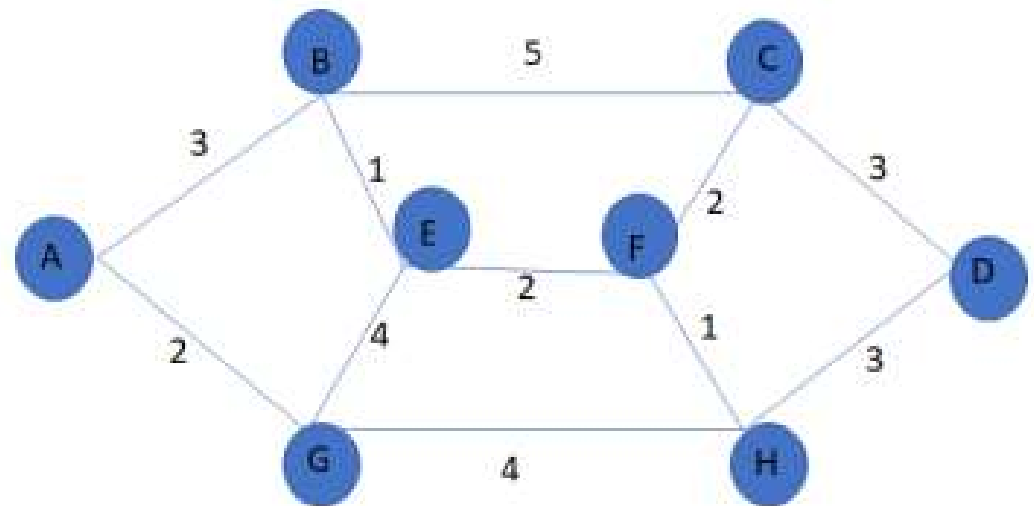
En résumé un tel protocole a deux grandes activités, la première est de propager ses états et d'écouter ceux de ces voisins au sein du réseau, c'est ce qu'on appelle l'inondation. La deuxième est de calculer des routes à partir de tous les états de liens reçus. Ce calcul est effectué à l'aide de l'algorithme de Dijkstra de recherche du plus court chemin dans un graphe.

E5 État des liens

E5.4 Nommer un protocole qui utilise le routage par états de liens

OSPF (Open Shortest Path First)

E5.5 Considérez la figure suivante. Selon le principe du routage par état des liens, quel est la table de routage initial des nœuds A, B et G ?



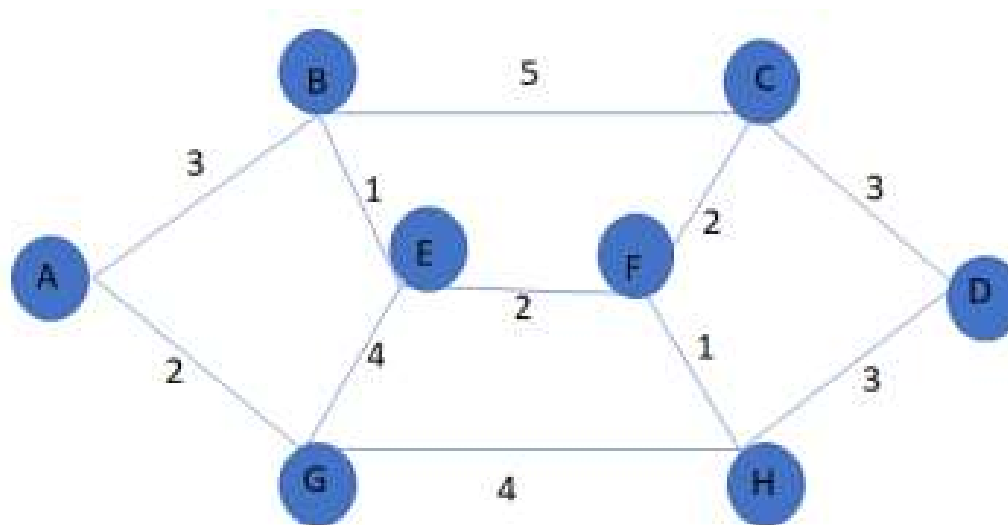


Table de routage initiale A

Vers	Coût	Via
A	-	-
B	3	B
G	2	G

Table de routage initiale B

Vers	Coût	Via
A	3	A
B	-	-
C	5	C
E	1	E

Table de routage initiale G

Vers	Coût	Via
A	2	A
E	4	E
G	-	-
H	4	H

E5

État des liens

E5.6 Quel sera la table de routage de A après avoir reçu la table de routage de B ?

Vers	Coût	Via
A	-	-
B	3	B
C	8	B
E	4	B
G	2	G
H	6	G

E5

État des liens

E5.7 Quel sera la table de routage de A après avoir reçu la table de routage de G ?

Vers	Coût	Via
A	-	-
B	3	B
C	8	B
E	4	B
G	2	G

E5 État des liens

E5.8 Pour quelles raisons pourrait-on préférer RIP à OSPF ?

Feature	RIP	OSPF
Algorithm	vector-distance	link-state
Maximum Hops	15. 16 hops is considered to be infinity, implying that the destination is unreachable	Limited only by size of routing tables within routers
Subsystem Segmentation	Treats the autonomous system as a single subsystem	Breaks the autonomous system into one or more areas with two levels of routing algorithms, intra-area, and inter-area.
Metric	destination/hop	destination/cost/link identifier
Integrity	no authentication in RIP-1, Authentication has been added to RIP-2	Supports Authentication. Several authentication algorithms are available ranging from simple password operations to more complex cryptographic algorithms.
Complexity	Relatively Simple - Each router	More Complex. Several more PDUs and exchanges are defined in the protocol. Routing tables are large and include not only destinations, but also a tree representation of local network.
Acceptance	Widely Available, BSD routed supports RIP	newer, published in RFCs
Route Options	Identifies a single route to a destination	Supports multiple routes to a single destination. Facilitates load-balancing traffic distribution
Types of Routes	host, network. RIP-2 adds the ability to transfer subnetwork route entries	Host, network, and subnetwork routes



QUESTIONS?