

Travaux dirigés 7 – frag_routage

IP : fragmentation et routage

Communications dans les réseaux

- La présence d'une multitude d'équipements terminaux oblige à définir un système d'identification cohérent au sein du réseau pour les différencier : **c'est la fonction d'adressage.**
- **La fonction de routage** permet d'acheminer une information vers un destinataire dans tout le réseau de communication, selon son adresse.




La fragmentation

- Dans la commutation de paquets, on découpe d'abord le message en plusieurs morceaux, appelés paquets, avant de l'envoyer dans le réseau : **cela s'appelle la fragmentation.**
- Les commutateurs (Switch) utilisent des informations de contrôle pour **acheminer correctement les paquets depuis l'expéditeur jusqu'au destinataire.**

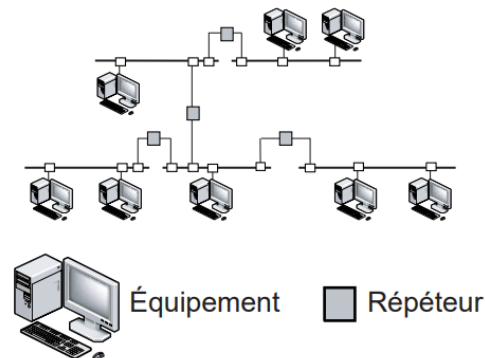
Objectifs du routage

- **Le but d'un protocole de routage est très simple : fournir l'information nécessaire pour effectuer un routage, c'est-à-dire la détermination d'un chemin à travers le réseau entre une machine émettrice et une machine réceptrice, toutes deux identifiées par leur adresse.**
- **Les protocoles de routage établissent des règles d'échange entre routeurs pour mettre à jour leurs tables** selon des critères de coût comme, par exemple, la distance, l'état de la liaison, le débit. Ils améliorent ainsi l'efficacité du routage.

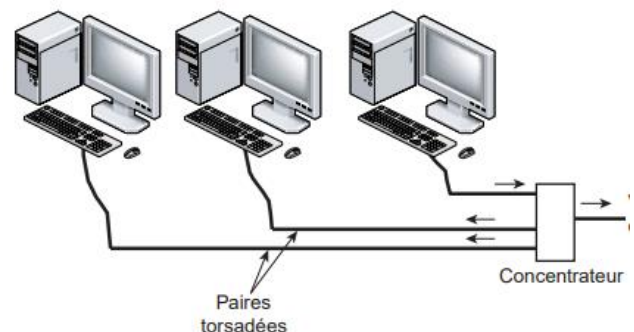
Organisation physique d'un réseau ethernet

1ère génération	2nde génération	3ème generation
Répéteurs 	Concentrateurs (Hub) 	Commutateurs (Switch) 

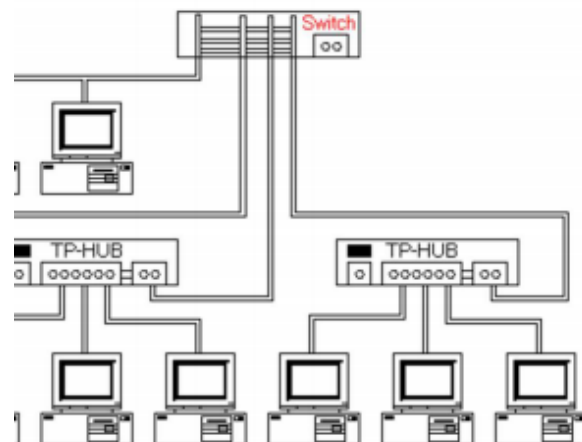
- Répéteurs - décodent et amplifient les signaux reçus sans les interpréter.** Ils contribuent à augmenter légèrement le délai de propagation et relient différents segments de façon à former un seul bus logique et un seul domaine de collision (ensemble des stations susceptibles de provoquer des collisions en cas d'émissions simultanées).
- Collisions entre stations nombreuses
 - Risque accru de pannes et interruptions de réseau



- Concentrateurs (Hub) - Câblage en étoile, dans lequel toutes les stations sont branchées sur un « concentrateur », ou hub, qui retransmet sur l'ensemble de ses ports tout signal reçu sur un port quelconque.** pour raccorder des paires torsadées et un port pour raccorder une fibre optique, par exemple. Il n'interprète en aucun cas les données reçues.
- Facilité le raccordement et la maintenance
 - Les collisions persistent



- Commutateurs (Switch)**
- Dans un **réseau Ethernet commuté**, tous les équipements du réseau sont reliés à un (ou plusieurs) commutateurs. La topologie physique : en étoile pour toutes les stations directement connectées au commutateur, en bus pour celles qui sont reliées via un concentrateur. Le commutateur, à la différence du concentrateur, lit les trames qu'il reçoit et exploite l'adresse du destinataire : il ne transmet la trame que sur le port qui permet d'atteindre le destinataire et non sur tous les ports.
- Réduire les collisions pour accroître les débits (non partagés)
 - Utilisation d'une topologie en étoile (migration facile)
 - Remplacer le nœud central passif (HUB) par un commutateur (SWITCH).



Commutateurs-routeurs

- Les fonctionnalités de plus en plus étendues des commutateurs empiètent sur les fonctions classiquement dévolues aux routeurs.
- **De ce fait, les commutateurs les plus sophistiqués sont souvent appelés des commutateurs-routeurs.**
- Désormais, en plus des fonctions traditionnelles de commutation d'un port à l'autre, les commutateurs-routeurs sont capables d'effectuer des fonctions de niveau 3 et même de niveau 4 du modèle OSI.
- **En plus des fonctions de niveau 3**, les commutateurs-routeurs – comme la plupart des routeurs – peuvent inspecter le contenu des datagrammes IP.
- En effet, on peut affiner l'utilisation des listes de contrôle d'accès en autorisant ou en interdisant la circulation des flux de données sur certains ports TCP ou UDP. De la sorte, **le commutateur-routeur se comporte comme un pare-feu de base.**

Les routeurs (routers)

- **Sont destinés à relier plusieurs réseaux de technologies différentes.**
- Ils assurent le routage des informations à travers l'ensemble des réseaux interconnectés.
- Le routeur possède au moins deux interfaces réseau et contient un logiciel très évolué, administrable à distance. Pour tenir compte de l'évolution des commutateurs, les routeurs proposent à leur tour des fonctions de niveau plus élevé que le niveau 3 : fonctions de pare-feu et autres, comme nous l'avons vu pour les commutateurs-routeurs. Ils sont liés à l'architecture des protocoles de routage utilisés, contrairement aux commutateurs. La majorité des routeurs utilisant le protocole IP.

Ce qui distingue réellement un commutateur-routeur d'un routeur... ?

- **Les routeurs ne se chargent pas de la gestion des VLAN** (qui reste l'apanage des commutateurs), alors que **les commutateurs ne gèrent pas de réseaux privés virtuels (VPN, Virtual Private Network)**, pour lesquels les routeurs restent indispensables.
- En outre, le nombre de ports d'un commutateur est souvent beaucoup plus élevé que celui d'un routeur.
- Enfin, **pour des fonctions de routage complexes, le routeur offrira de meilleures performances qu'un commutateur-routeur.**

Exercice 1

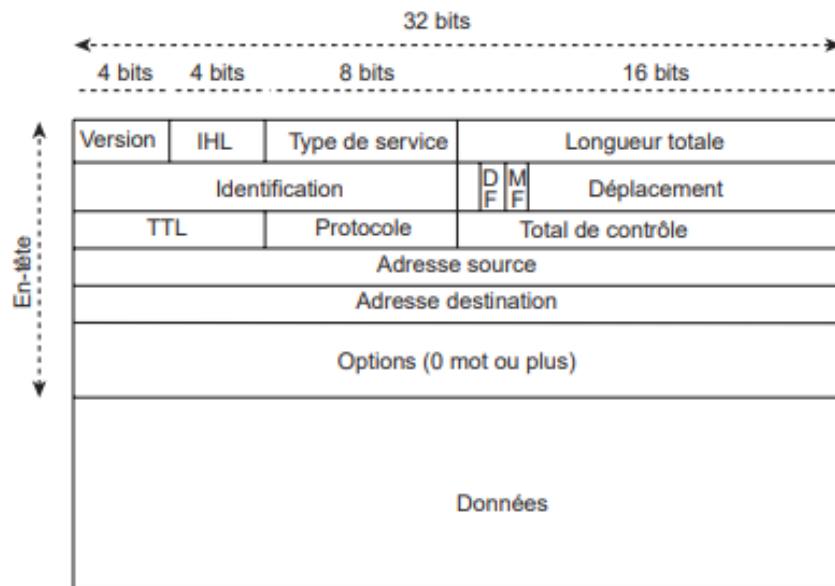
Fragmentation des paquets IP

Format du datagramme IP

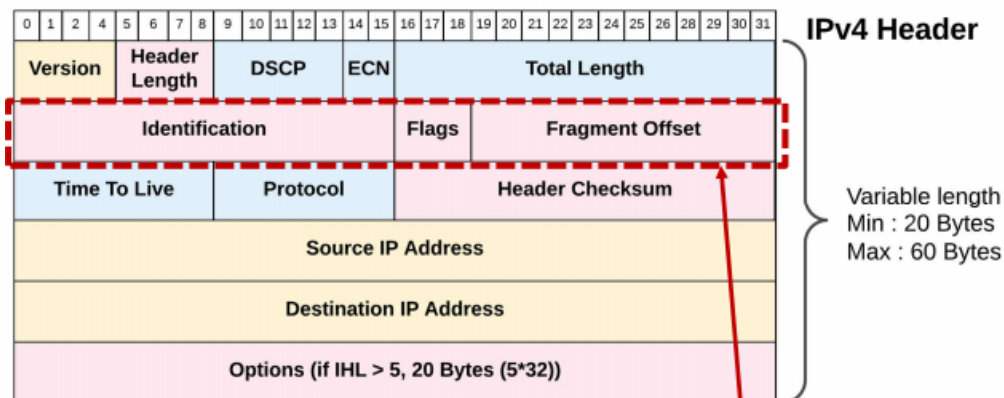
Figure 6.4

Le datagramme IP.

Le datagramme IP comprend un en-tête et des données. L'en-tête contient principalement les adresses IP de la source et du destinataire, et des informations sur la nature des données transportées

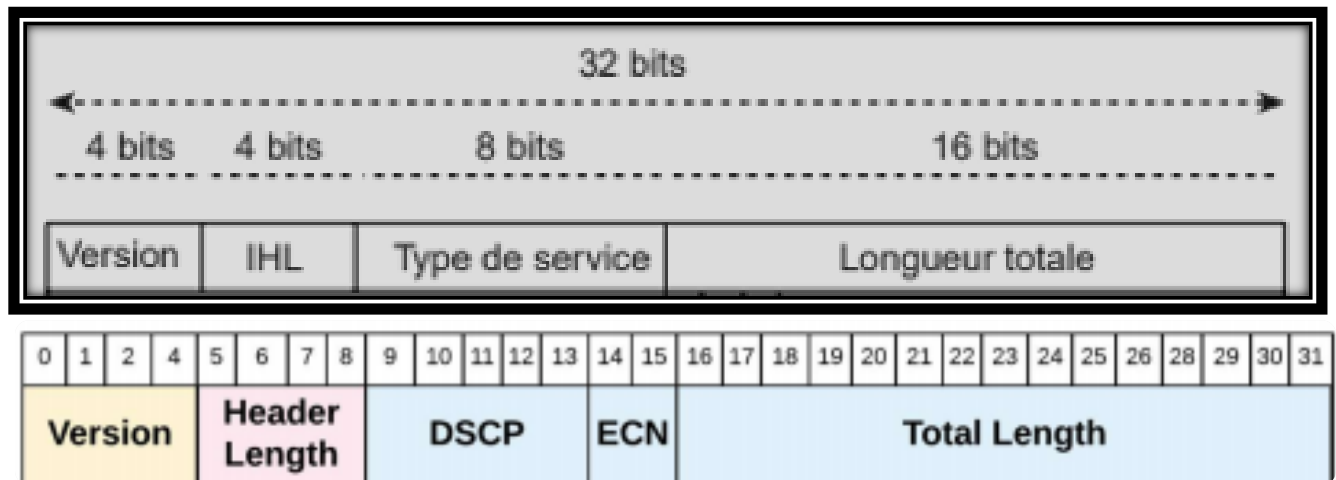


IP fragmentation des paquets



3 champs utilisés pour gérer la fragmentation des paquets IP

1 La première ligne de la figure 6.4 contient quatre champs



❑ **Version.** Il s'agit de la version du protocole IP qu'on utilise

- Actuellement, c'est la version 4 ou IPv4
- Afin de vérifier la validité du datagramme.
- La version est codée sur 4 bits.

❑ **Longueur de l'en-tête.**

Le nombre de mots de 32 bits de l'en-tête (qui commence avec le champ version).

- La longueur est également codée sur 4 bits.
- De ce fait, un en-tête IP contient (en hexadécimal) au maximum F mots de 32 bits, soit 60 octets.

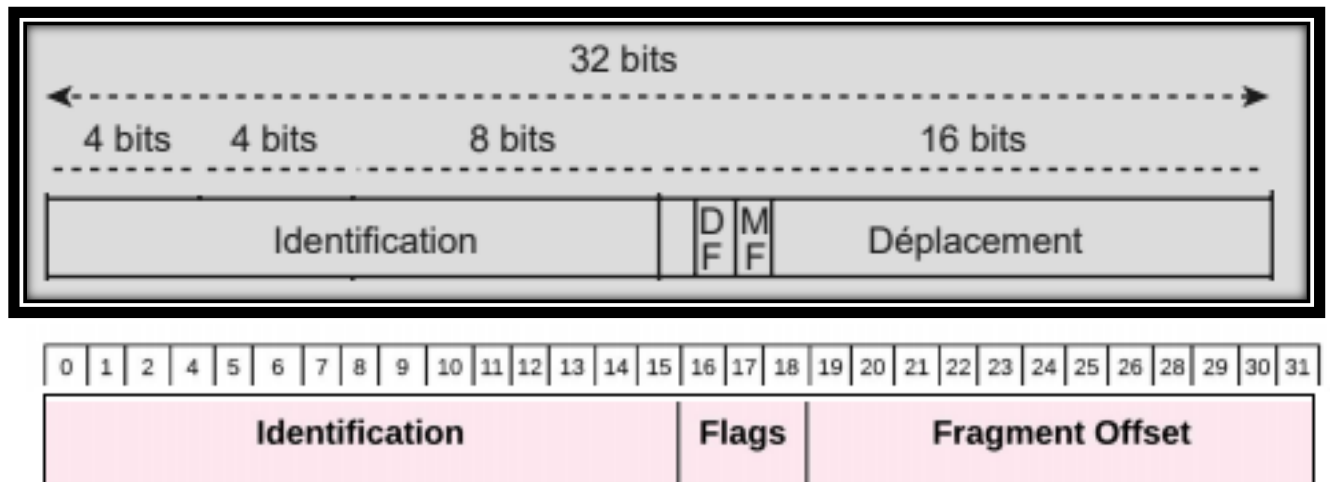
❑ **Type de services (ToS)**

- Champ de 8 bits
- Indique la façon dont le datagramme doit être traité.
- Le champ ToS est resté à 0.

❑ **Longueur totale.**

- Champ de 16 bits
- Exprime en octets la taille totale du datagramme (en-tête + données).
- La longueur maximale d'un datagramme est donc 64 Ko,
 - Mais des raisons physiques imposent des tailles inférieures dans la plupart des réseaux.

2 Le deuxième mot de 32 bits concerne la fragmentation.



❑ Identification

- Un numéro de 16 bits attribué à chaque datagramme.
- Chaque fragment d'un même datagramme reprend le même identifiant, pour permettre le réassemblage correct du datagramme initial chez le destinataire.

Après un premier bit non utilisé, les deux bits suivants sont des drapeaux qui permettent le réassemblage :

❑ **DF** : Don't Fragment (le deuxième bit).

- Autorise ou non la fragmentation du datagramme (si DF = 0 la fragmentation est autorisée, interdite si DF = 1).
- Par convention, toute machine doit pouvoir transmettre en un seul datagramme des données de 476 octets.

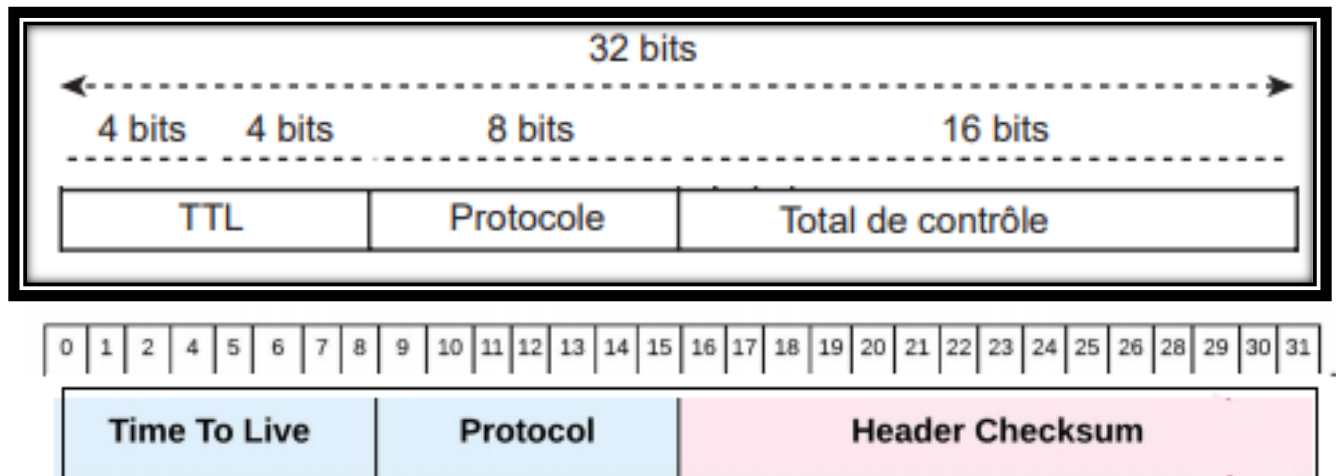
❑ **MF** : More Fragments (le dernier bit).

- Indique si le fragment de données est suivi ou non par d'autres fragments (si MF = 0, le fragment est le dernier du datagramme).

❑ Déplacement

- Permet de connaître la position du début du fragment par rapport au datagramme initial.
- Le fragment doit avoir une taille qui est un multiple entier de 8 octets.
- Le déplacement est codé sur les 13 derniers bits du mot.

3 Le troisième mot de 32 bits contient trois champs



❑ **Durée de vie (TTL, Time To Live)**

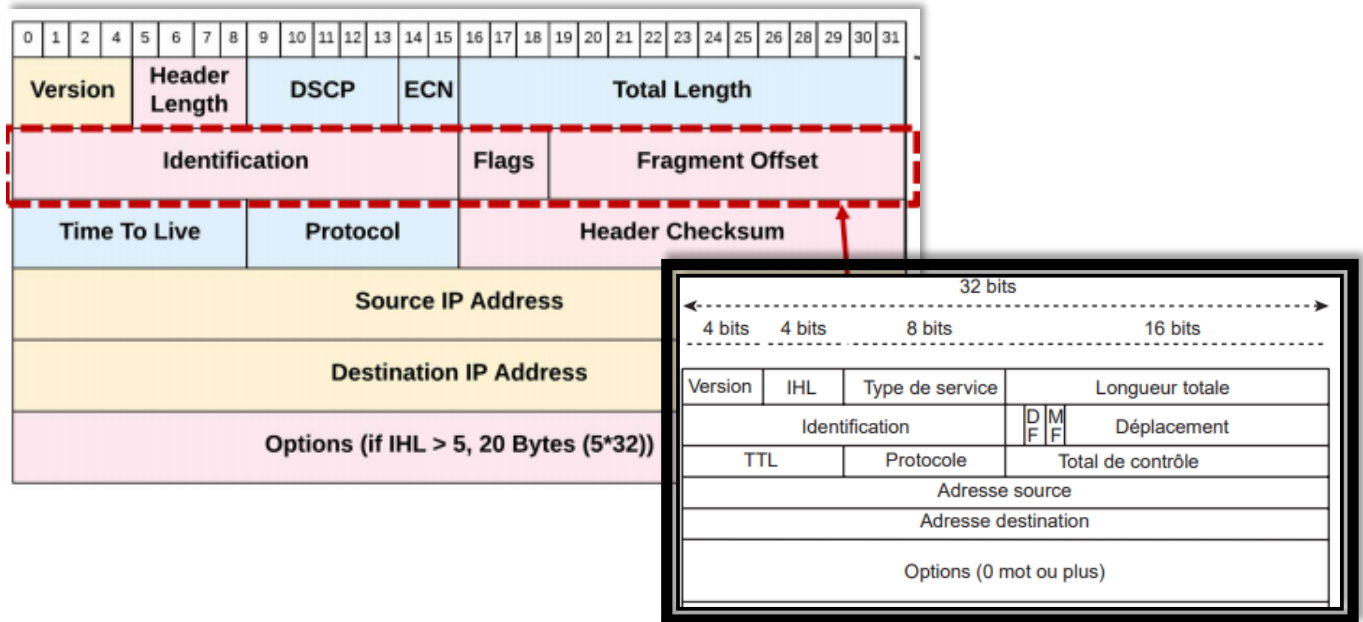
- Champ de 8 bits.
- Le nombre maximal de routeurs que le datagramme peut traverser.
- Ce champ était prévu à l'origine pour décompter un temps, d'où son nom.
- La durée de vie est choisie par l'émetteur ; elle est décrémentée chaque fois que le datagramme traverse un routeur.
- Lorsque la durée de vie atteint la valeur nulle, le datagramme est détruit.

❑ **Protocole.**

- Champ de 8 bits
- Indique à quel protocole sont destinées les données véhiculées dans le datagramme.
- Les valeurs décimales les plus courantes sont :
 - 1 pour ICMP, 2 pour IGMP (Internet Group Management Protocol, ou protocole de gestion des groupes multicast), 6 pour TCP et 17 pour UDP

❑ **Header checksum.**

- Champ de 16 bits constituent un bloc de contrôle d'erreur pour l'en-tête.
- Ce champ permet de contrôler l'intégrité de l'en-tête.
- Celui-ci, en effet, transporte toutes les informations fondamentales du datagramme.
- Si, par hasard, il était détecté en erreur, le datagramme serait directement écarté.
- Remarquons qu'il n'y a aucune protection concernant les données transportées dans le datagramme.



Les deux derniers mots de 32 bits

contiennent, dans cet ordre, l'adresse IP source et l'adresse IP destination.

Ces cinq mots constituent l'en-tête minimal, commun à tous les datagrammes IP.

En plus de ces informations, l'en-tête peut contenir en option des informations supplémentaires.

- C'est pourquoi il faut en indiquer la longueur.
- Les options doivent tenir sur un nombre entier de mots de 32 bits.
- Parmi elles, le routage et l'horodatage sont particulièrement intéressantes (l'horodatage demande à chaque routeur d'estampiller le datagramme avec la date et l'heure à laquelle il a été traité).
- Elles constituent un bon moyen de surveiller ou de contrôler la traversée des datagrammes dans le réseau.
- Une autre option, l'enregistrement de route, demande à chaque routeur traversé de placer sa propre adresse dans le datagramme.
- Le destinataire reçoit ainsi un datagramme contenant la liste des adresses des routeurs traversés.
- Le routage défini par la source, lui, permet à l'émetteur d'imposer le chemin par lequel doit passer un datagramme.

Contrôle du datagramme dans un routeur

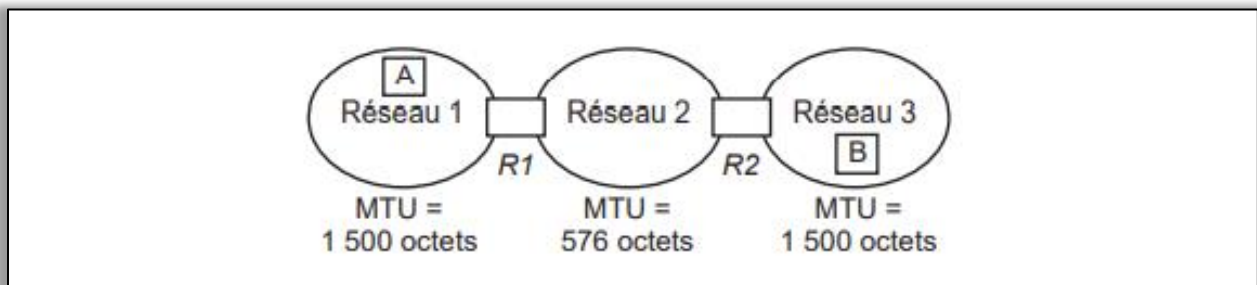
- L'en-tête du datagramme est protégé par un bloc de contrôle d'erreur.
- Avant tout traitement, celui-ci est vérifié ; si des erreurs y sont détectées, le datagramme est détruit.
- **D'autre part, le passage par un routeur provoque la diminution de 1 du champ durée de vie.**
- Celui-ci faisant partie de l'en-tête, il est inclus dans le calcul du bloc de contrôle d'erreur.
- Le routeur l'ayant modifié, il doit donc recalculer le bloc de contrôle d'erreur avant de transférer le datagramme.

Gestion de la fragmentation

Maintenant que nous connaissons les détails du format d'un datagramme, examinons comment le fragmenter.

- ✚ Soit un réseau 1 où la MTU (Maximum Transmission Unit) est 1 500 octets
- ✚ Le routeur R1 de ce réseau le relie à un réseau 2 de MTU égale à 576 octets.
- ✚ Un routeur R2 le relie à un réseau 3 de MTU 1 500 octets.

La machine A du réseau 1 envoie un datagramme contenant 1 480 octets de données à la machine B située sur le réseau 3.



Le datagramme fabriqué par A

- Porte l'identification 17C9 (hexadécimal)
- Le bit DF à 0 (fragmentation autorisée)
- Le bit MF et le champ Déplacement à 0.

☐ **DF : Don't Fragment (le deuxième bit).**

- Autorise ou non la fragmentation du datagramme (si DF = 0 la fragmentation est autorisée, interdite si DF = 1).
- Par convention, toute machine doit pouvoir transmettre en un seul datagramme des données de 476 octets.

☐ **MF : More Fragments (le dernier bit).**

- Indique si le fragment de données est suivi ou non par d'autres fragments (si MF = 0, le fragment est le dernier du datagramme).

☐ **Déplacement**

- Permet de connaître la position du début du fragment par rapport au datagramme initial.
- Le fragment doit avoir une taille qui est un multiple entier de 8 octets.
- Le déplacement est codé sur les 13 derniers bits du mot.

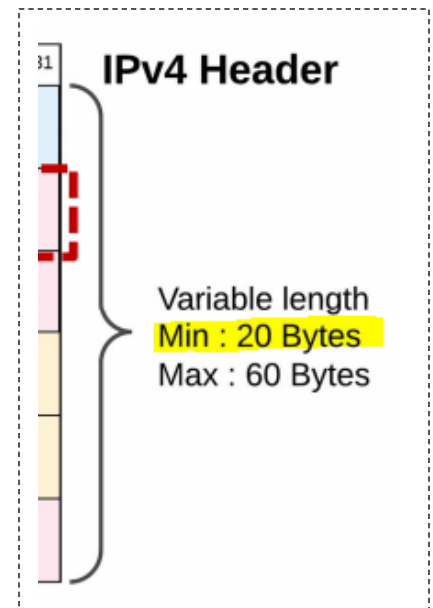
Sachant que l'en-tête d'un datagramme contient 20 octets, le routeur R1 va fragmenter le datagramme en trois morceaux pour le passer dans le réseau 2.

La machine A du réseau 1 envoie un datagramme contenant 1 480 octets de données à la machine B située sur le réseau 3]

$$\rightarrow 1480 + 20 = 1500$$

Le routeur R1 de ce réseau le relie à un réseau 2 de MTU égale à 576 octets.

556 octets de données + 20 octets d'en-tête d'un datagramme = 576 octets = MTU (Maximum Transmission Unit)



Les deux premiers fragments contiendraient 556 octets de données s'il n'y avait la contrainte d'une taille multiple de 8 octets.

☐ Déplacement

- Permet de connaître la position du début du fragment par rapport au datagramme initial.
- Le fragment doit avoir une taille qui est un multiple entier de 8 octets.
- Le déplacement est codé sur les 13 derniers bits du mot.

Il faut donc choisir la taille la plus proche soit 552 octets

Le champ Déplacement vaut alors $552 / 8 = 69$ pour le deuxième fragment puisque le déplacement est exprimé en bloc de 8 octets. Le dernier fragment n'en compte que 376.

Les trois fragments auront chacun un en-tête de 20 octets qui est celui du datagramme initial, sauf pour le bit MF et le champ Déplacement, comme le montre le tableau

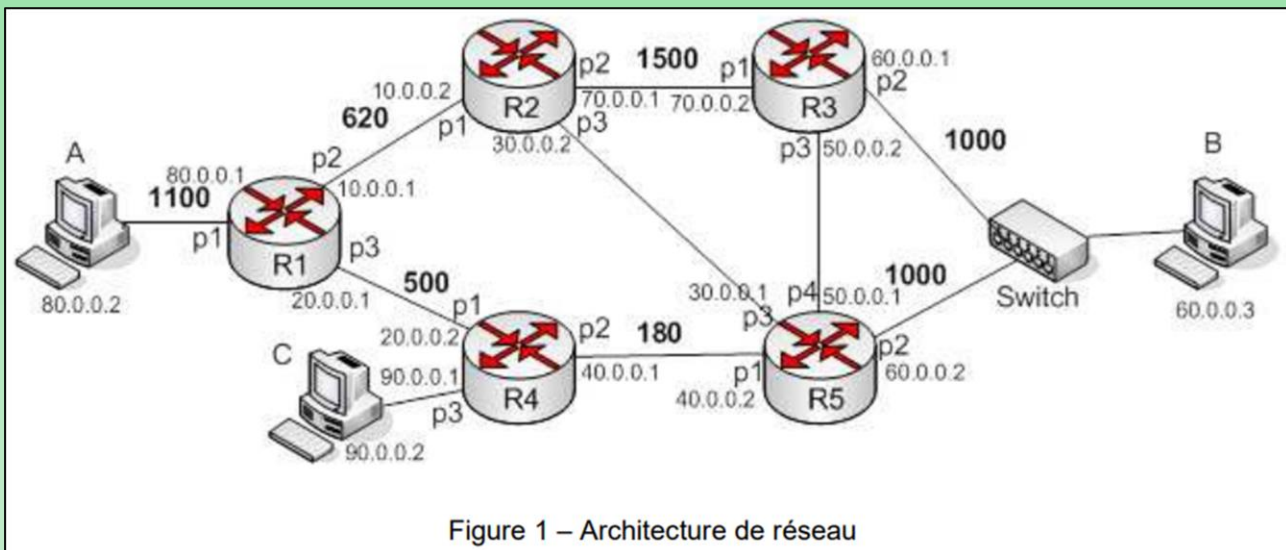
	Identification	MF	Déplacement
Fragment 1	17C9	1	0
Fragment 2	17C9	1	69
Fragment 3	17C9	0	138

☐ MF : More Fragments (le dernier bit).

- Indique si le fragment de données est suivi ou non par d'autres fragments (si MF = 0, le fragment est le dernier du datagramme).

Tous les datagrammes issus d'une fragmentation deviennent des datagrammes IP comme les autres. Ils peuvent arriver à destination, éventuellement dans le désordre. IP doit faire le tri en utilisant les informations de l'en-tête pour faire le réassemblage. Au bout d'un certain temps, si un fragment manque toujours, la totalité du datagramme est considérée comme perdue. Puisque aucun mécanisme de contrôle n'est implémenté dans IP, la fragmentation est une source d'erreurs supplémentaire.

Soit un réseau constitué de 5 routeurs IP (R1 ... R5) et de trois stations A, B et C qui doivent communiquer



- Chaque liaison entre hôtes (station ou routeur) est étiquetée par son MTU (Maximum Transmission Unit).
- Le MTU définit la taille maximale d'un paquet IP qui peut être véhiculé dans les trames d'un réseau physique particulier.
- Ce paramètre est rattaché à une interface réseau du hôte (de numéro pi et d'adresse IP de classe B) pour fragmenter les données avant leur transmission sur la liaison.
- On suppose que A doit émettre 1520 octets de données vers B.

Décrivez les fragmentations réalisées

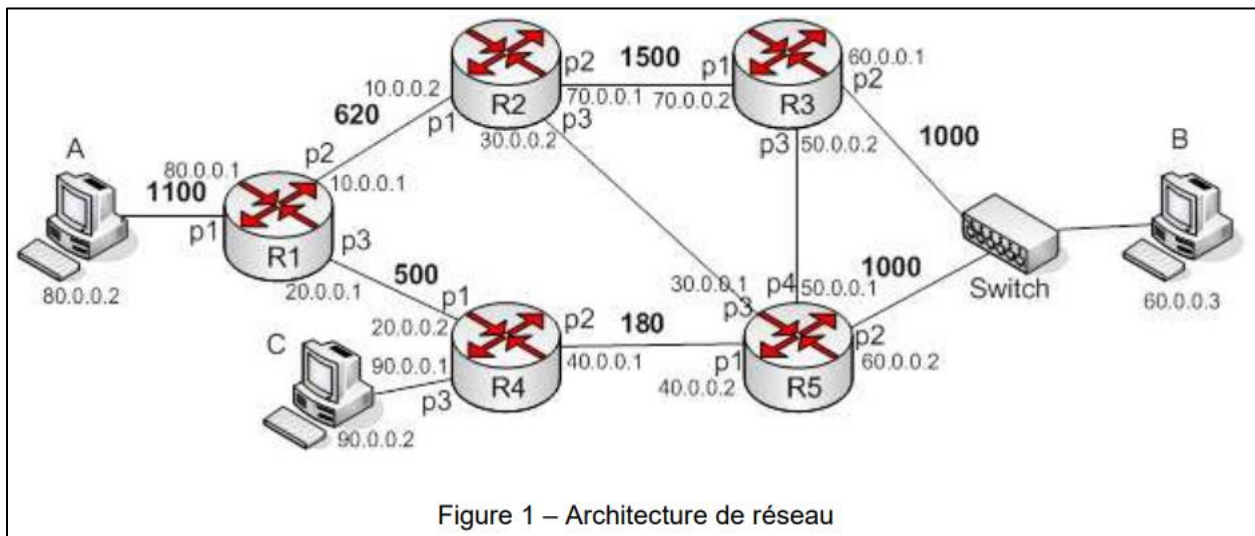
pour la transmission d'un paquet IP émis par A à destination de B,
en supposant que le routeur R1 transmet alternativement les trames qu'il reçoit
vers R2-R3 puis vers R4-R5.

Précisé pour chaque fragment de paquet,

les valeurs des champs (Identification, More Fragment Flag, Offset).

On supposera que la valeur initiale de l'Identifiant du paquet est 71.

Question 1



Transmission d'un paquet IP émis par A à destination de B

A doit émettre 1520 octets de données vers B

L'en-tête d'un datagramme contient 20 octets [Selon la correction officiel]

**Données sur A
(à envoyer)**

1520
+ 20 en-tête = 1540



MTU (Maximum Transmission Unit) • Entre A et R1 : MTU = 1100 octets

ID	Flags		Déplacement
71	DF	MF	0
		1	

1080
+ 20 en-tête = 1100



ID	Flags		Déplacement
71	DF	MF	1080/8 =
		0	135

1520 - 1080 = 440
440
+ 20 en-tête = 460



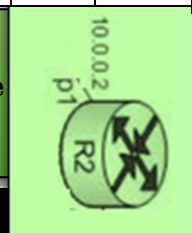
MTU (Maximum Transmission Unit).

Entre R1 et R2 : MTU = 620 octets

Entre R1 et R4 : MTU = 500 octets

ID	Flags		Déplacement
71	DF	MF	0
		1	

600
+ 20 en-tête = 620



ID	Flags		Déplacement
71	DF	MF	600/8 =
		0	75

1080 - 600 = 480
480
+ 20 en-tête = 500



ID	Flags		Déplacement
71	DF	MF	135
		0	

440
+ 20 en-tête = 460



Entre R2 et R3 :

MTU = 1500 octets

Entre R4 et R5 :

MTU = 180 octets

ID	Flags		Déplacement
71	DF	MF	0
		0	

600
+ 20 en-tête = 620

ID	Flags		Déplacement
71	DF	MF	75
		0	



480
+ 20 en-tête = 500

ID	Flags		Déplacement
71	DF	MF	135
		1	

160
+ 20 en-tête = 180

ID	Flags		Déplacement
71	DF	MF	135
		1	

160
+ 20 en-tête = 180

ID	Flags		Déplacement
71	DF	MF	135
		1	

160
+ 20 en-tête = 180

Flags		Déplacement
DF	MF	(600+480+160+160)/8 = 175
	0	

120
+ 20 en-tête = 140



120
+ 20 en-tête = 140



Entre R3 et B :

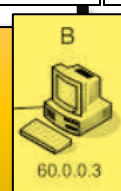
MTU = 1000 octets

Entre R4 et R5 :

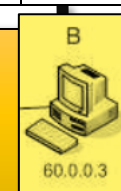
MTU = 1000 octets

ID	Flags		Déplacement
71	DF	MF	0
		0	

600
+ 20 en-tête = 620



480
+ 20 en-tête = 500



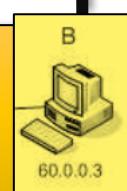
160
+ 20 en-tête = 180



160
+ 20 en-tête = 180



120
+ 20 en-tête = 140



Justifiez le fait que la régénération des paquets fragmentés n'a lieu que sur la station destinataire et non sur les routeurs.

Question 2

Certains routeurs ne voient pas passer la totalité des fragments d'un paquet IP, ils ne peuvent donc pas reconstruire le datagramme original. De plus, l'opération de défragmentation nécessite de la mémoire et du calcul. La philosophie de IP est de simplifier les fonctions dans le réseau (c'est-à-dire exécutées par les routeurs) et de repousser les traitements complexes (contrôle de flux, contrôles d'erreurs, chiffrement, fragmentation, etc ...) aux extrémités du réseau (c'est-à-dire exécutés par les stations).

Exercice 2

Routage des paquets IP

La diversité des réseaux et de leurs services fait du routage un élément clé de leur bon fonctionnement.

Il y a de très nombreux problèmes à résoudre.

- **Les boucles de routage** - le message peut « tourner en rond » dans le réseau et ne jamais atteindre son destinataire.
- **Lorsqu'il y a une panne dans le réseau et qu'il faut optimiser le calcul des nouvelles routes** : une fois la panne détectée, il faut transmettre l'information sur l'événement le plus rapidement possible pour que les différents routeurs recalculent par où faire passer leurs messages en contournant la liaison en panne.

Le premier protocole de routage sur Internet

RIP

[Routing Information Protocol]

S'appuie sur un algorithme de la famille à vecteurs de distance.

L'algorithme de base est issu de la théorie des graphes

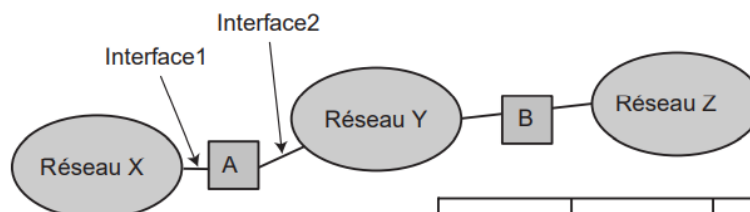
Bellman -Ford

Les tables de routage

- On découpe le réseau en sous-ensembles régionaux.
- À l'intérieur d'une région, les tables de routage contiennent une entrée par routeur.
- De cette façon, l'interconnexion de réseaux différents est aisée.
- Une hiérarchisation à plusieurs niveaux peut s'envisager pour les très gros réseaux, même si la distance parcourue entre régions n'est pas globalement optimale.

Figure 8.1

Un routeur A et sa table de routage.



Pour aller à	Passer par	Interface
X	–	1
Y	–	2
Z	B	2

RIP (Routing Information Protocol)

RIP recherche le plus court chemin selon un critère de coût simple : le nombre de routeurs traversés. Cela revient à affecter un coût unitaire à la traversée de chaque routeur.

RIP appartient à la famille des protocoles à vecteurs de distance, puisqu'il calcule la distance, en nombre de routeurs traversés, entre origine et destination.

- Le protocole RIP est limité aux réseaux dont le plus long chemin (qu'on appelle couramment *le diamètre du réseau*) implique **quinze routeurs au maximum**.
- Un routeur RIP calcule des chemins pour différentes destinations, lesquelles sont spécifiées par leurs adresses IP,
 - C'est-à-dire qu'une entrée dans la table peut représenter soit un réseau, soit un sous-réseau ou encore un nœud isolé.
- **Comme le nombre de sauts est la seule mesure utilisée par le protocole**, RIP ne garantit pas que le chemin sélectionné soit le plus rapide : un chemin court mais embouteillé peut être un mauvais choix par rapport à un chemin plus long mais totalement dégagé.

Les situations où les routes doivent être choisies en fonction de paramètres mesurés en temps réel comme un délai, une fiabilité ou une charge, se prêtent mal à ce type de traitement.

- **Lorsqu'un événement dans le réseau provoque un changement dans la table de routage d'un routeur actif, celui-ci envoie un message de mise à jour à ses voisins.**
 - Si cet événement a un impact sur les voisins, ceux-ci propagent l'information.

Quelle est la longueur maximale d'une route dans un réseau IP utilisant le protocole de routage RIP ?
Comment s'assurer qu'un paquet IP ne bouclera pas sans fin en raison d'une table erronée ?

Question 1

La route la plus longue traverse au maximum 16 routeurs. [?]

- Le protocole RIP est limité aux réseaux dont le plus long chemin (qu'on appelle couramment *le diamètre du réseau*) implique **quinze routeurs au maximum**.

Comment s'assurer qu'un paquet IP ne bouclera pas sans fin en raison d'une table erronée ?

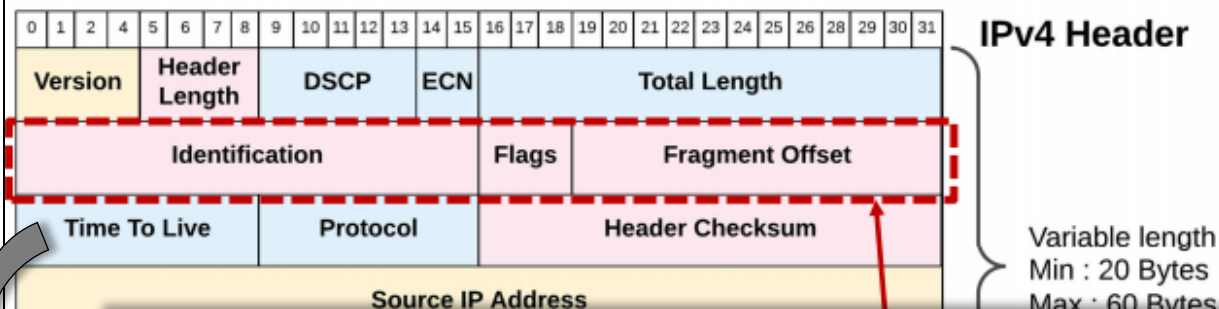
- Les boucles de routage** - le message peut « tourner en rond » dans le réseau et ne jamais atteindre son destinataire.

Les paquets IP transmis par une source sont initialisés avec le champ TTL (Time To Live) égal à 16.

A chaque passage dans un routeur, le champ TTL du paquet est décrémenté de 1.

Lorsqu'un paquet arrive dans un routeur avec une valeur TTL égale à 1, le routeur détruit ce paquet, limitant les routes à 16 nœuds traversés au maximum.

IP fragmentation des paquets



☐ Durée de vie (TTL, Time To Live)

- Champ de 8 bits.
- Le nombre maximal de routeurs que le datagramme peut traverser.
- Ce champ était prévu à l'origine pour décompter un temps, d'où son nom.
- La durée de vie est choisie par l'émetteur ; elle est décrémentée chaque fois que le datagramme traverse un routeur.
- Lorsque la durée de vie atteint la valeur nulle, le datagramme est détruit.

Soit le réseau de la Figure 1 (question 1 ci-dessus).

A chaque liaison, supposée symétrique, est associée une distance égale à 1.

On supposera que les routeurs mettent en œuvre un protocole de routage de type vecteur de distance avec l'algorithme Bellman-Ford.

Question 2

On supposera que le réseau vient d'être mis en service par l'administrateur et que chaque routeur n'a qu'une connaissance locale de la topologie du réseau (il ne connaît que ses routeurs voisins et ses sous réseaux voisins).

Donner les tables de routage initiales des différents routeurs telles que configurées par l'administrateur, en suivant le format de table ci-dessous.

Adresse IP du réseau destination	Masque du reseau	adresse IP du prochain routeur	Métrique (Hop Count) nbre de sauts	numéro de l'interface

A T= 0

L'administrateur réseaux se connecte à distance sur chaque routeur R_i et programme la table de routage de chacun d'eux pour ajouter des routes statiques

Tables de routage initiales des différents routeurs

Chaque routeur n'a qu'une connaissance locale de la topologie du réseau (il ne connaît que ses routeurs voisins et ses sous réseaux voisins).

ROUTAGE STATIQUE

Les routes statiques sont celles créées au démarrage de la machine ou ajoutées manuellement par l'administrateur système, en cours de fonctionnement.

Source : <http://mariepascal.delamare.free.fr/IMG/pdf/Routage.pdf>

Table R1 – pour le routeur R1 faut ajouter 3 routes statiques

Adresse IP du réseau destination	Masque du reseau	Next Hop / Passerelle	Interface / IF Numéro de l'interface	Métrique (Hop Count) nbre de sauts
10.0.0.0	255.0.0.0	On-link (*)	P2 (eth0)	0
20.0.0.0	255.0.0.0	On-link (*)	P3 (eth1)	0
80.0.0.0	255.0.0.0	On-link (*)	P1 (eth2)	0

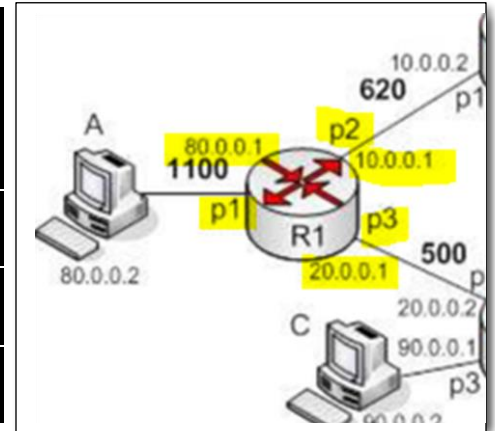


Table R2

Adresse IP du réseau destination	Masque du reseau	Next Hop / Passerelle	Interface / IF Numéro de l'interface	Métrique (Hop Count) nbre de sauts
10.0.0.0	255.0.0.0	direct	P1 (eth2)	0
30.0.0.0	255.0.0.0	direct	P3 (eth1)	0
70.0.0.0	255.0.0.0	direct	P2 (eth0)	0

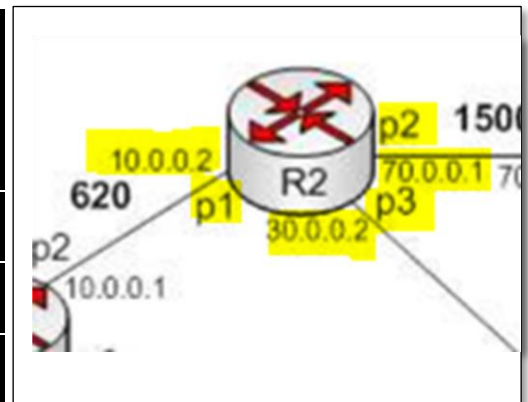


Table R3

Adresse IP du réseau destination	Masque du reseau	Next Hop / Passerelle	Interface / IF Numéro de l'interface	Métrique (Hop Count) nbre de sauts
50.0.0.0	255.0.0.0	direct	P3 (eth1)	0
60.0.0.0	255.0.0.0	direct	P2 (eth0)	0
70.0.0.0	255.0.0.0	direct	P1 (eth2)	0

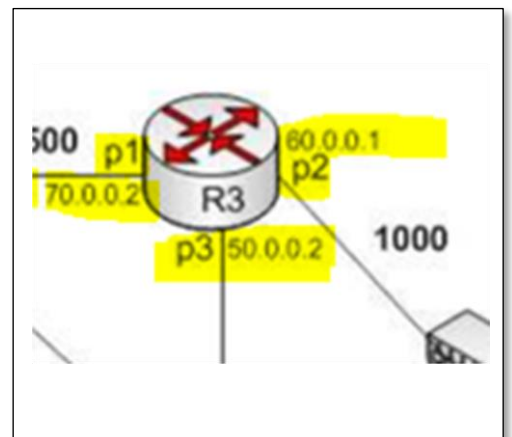


Table R4

Adresse IP du réseau destination	Masque du reseau	Next Hop / Passerelle	Interface / IF Numéro de l'interface	Métrique (Hop Count) nbre de sauts
20.0.0.0	255.0.0.0	direct	P1 (eth2)	0
40.0.0.0	255.0.0.0	direct	P2 (eth0)	0
90.0.0.0	255.0.0.0	direct	P3 (eth1)	0

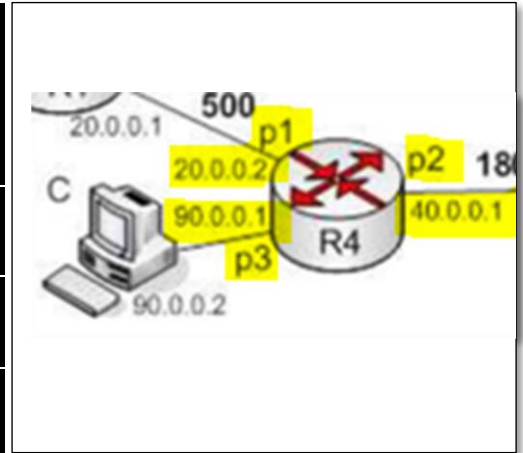
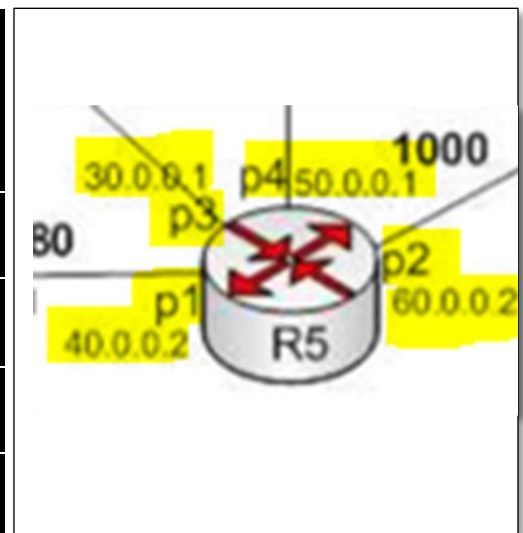


Table R5

Adresse IP du réseau destination	Masque du reseau	Next Hop / Passerelle	Interface / IF Numéro de l'interface	Métrique (Hop Count) nbre de sauts
30.0.0.0	255.0.0.0	direct	P3 (eth1)	0
40.0.0.0	255.0.0.0	direct	P1 (eth2)	0
50.0.0.0	255.0.0.0	direct	P4 (eth3)	0
60.0.0.0	255.0.0.0	direct	P2 (eth0)	0



Donner le vecteur de distance du routeur R1, que l'on notera VR1

Question 3

Le premier protocole de routage sur Internet

RIP

[Routing Information Protocol]

S'appuie sur un algorithme de la famille à vecteurs de distance.

L'algorithmes de base est issus de la théorie des graphes

Bellman -Ford

Le protocole RIP s'exécutant sur chaque routeur construit un vecteur de distances **VR_i** par extraction des paramètres de la table de routage statique.

$VR1 = ([10.0.0.0, 255.0.0.0, 0], [20.0.0.0, 255.0.0.0, 0], [80.0.0.0, 255.0.0.0, 0])$

Cela correspond au 3 paramètres (adresse réseau destination, masque, métrique) pour chaque route (ligne de la table statique)

On considèrera la séquence d'échange de vecteurs de distance suivante :

<u>Instant</u>	<u>Evénement</u>
T ₁	R2, R4 reçoivent VR1 (vecteur de distance de R1)
T ₂	R1, R3, R5 reçoivent VR2

Donnez la table de routage des routeurs suite à l'échange des vecteurs de distances VR1 et VR2.

Question 4

Toute les 30 secondes, le routeur R1 envoie le vecteur VR1 vers tous les routeurs voisins pour partager ses routes locales et distances qui transitent par lui.

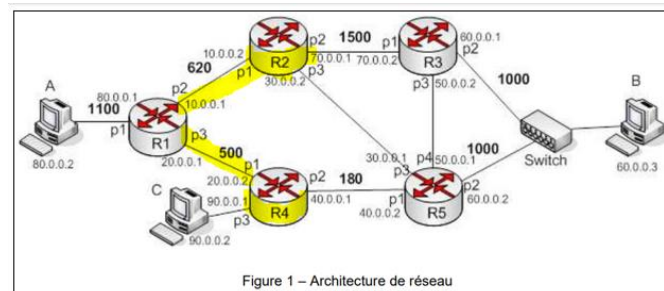


Figure 1 - Architecture de réseau

Instant	Événement
T ₁	R2, R4 reçoivent VR1 (vecteur de distance de R1)

VR1 = ([10.0.0.0, 255.0.0.0, 0], [20.0.0.0, 255.0.0.0, 0], [80.0.0.0, 255.0.0.0, 0])

Cela correspond au 3 paramètres [adresse réseau destination, masque, métrique]

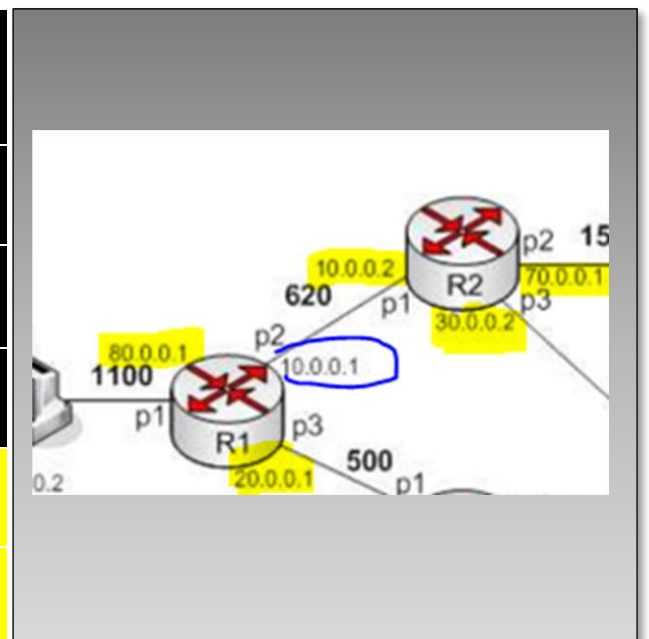
À T₁,

R2 et R4 reçoivent VR1 = ([10.0.0.0/8, 0], [20.0.0.0/8, 0], [80.0.0.0/8, 0])

R2 mettra à jour sa table en ajoutant 2 nouvelles routes vers les réseaux 80.0.0.0/8 et 20.0.0.0/8

Table R2

Adresse IP du réseau destination	Masque du reseau	Next Hop / Passerelle	Interface / IF Numéro de l'interface	Métrique (Hop Count) nbre de sauts
10.0.0.0	255.0.0.0	direct	P1 (eth2)	0
30.0.0.0	255.0.0.0	direct	P3 (eth1)	0
70.0.0.0	255.0.0.0	direct	P2 (eth0)	0
80.0.0.0	255.0.0.0	10.0.0.1	P1 (eth2)	1
20.0.0.0	255.0.0.0	10.0.0.1	P1 (eth2)	1

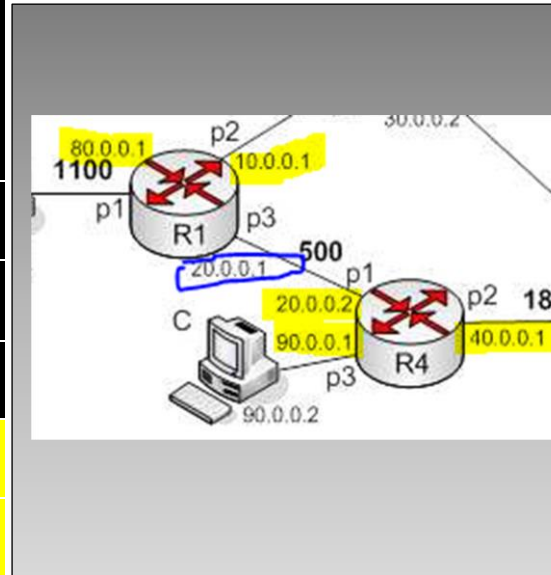


Les routes statiques sont en gris, et les routes dynamiques sont en jaune dans la table.

R4 mettra à jour sa table en ajoutant 2 nouvelles routes vers les réseaux 80.0.0.0/8 et 10.0.0.0/8

Table R4

Adresse IP du réseau destination	Masque du reseau	Next Hop / Passerelle	Interface / IF Numéro de l'interface	Métrique (Hop Count) nbre de sauts
20.0.0.0	255.0.0.0	direct	P1 (eth2)	0
40.0.0.0	255.0.0.0	direct	P2 (eth0)	0
90.0.0.0	255.0.0.0	direct	P3 (eth1)	0
10.0.0.0	255.0.0.0	20.0.0.1	P1 (eth2)	1
80.0.0.0	255.0.0.0	20.0.0.1	P1 (eth2)	1



À T2,

R1, R3, R5 reçoivent

VR2 = ([10.0.0.0/8, 0], [20.0.0.0/8, 1], [30.0.0.0/8, 0], [70.0.0.0/8, 0], [80.0.0.0/8, 1])

Table R1

Adresse IP du réseau destination	Masque du reseau	Next Hop / Passerelle	Interface / IF Numéro de l'interface	Métrique (Hop Count) nbre de sauts
10.0.0.0	255.0.0.0	direct	P2 (eth0)	0
20.0.0.0	255.0.0.0	direct	P3 (eth1)	0
80.0.0.0	255.0.0.0	direct	P1 (eth2)	0
30.0.0.0	255.0.0.0	10.0.0.2	P2 (eth0)	1
70.0.0.0	255.0.0.0	10.0.0.2	P2 (eth0)	1

Table R3

Adresse IP du réseau destination	Masque du reseau	Next Hop / Passerelle	Interface / IF Numéro de l'interface	Métrique (Hop Count) nbre de sauts
50.0.0.0	255.0.0.0	direct	P3 (eth1)	0
60.0.0.0	255.0.0.0	direct	P2 (eth0)	0
70.0.0.0	255.0.0.0	direct	P1 (eth2)	0
10.0.0.0	255.0.0.0	70.0.0.1	P1 (eth2)	1
20.0.0.0	255.0.0.0	70.0.0.1	P1 (eth2)	2
30.0.0.0	255.0.0.0	70.0.0.1	P1 (eth2)	1
80.0.0.0	255.0.0.0	70.0.0.1	P1 (eth2)	2

Table R5

Adresse IP du réseau destination	Masque du reseau	Next Hop / Passerelle	Interface / IF Numéro de l'interface	Métrique (Hop Count) nbre de sauts
30.0.0.0	255.0.0.0	direct	P3 (eth1)	0
40.0.0.0	255.0.0.0	direct	P1 (eth2)	0
50.0.0.0	255.0.0.0	direct	P4	0
60.0.0.0	255.0.0.0	direct	P2 (eth0)	0
10.0.0.0	255.0.0.0	30.0.0.2	P3 (eth1)	1
70.0.0.0		30.0.0.2	P3 (eth1)	1
20.0.0.0		30.0.0.2	P3 (eth1)	2
80.0.0.0		30.0.0.2	P3 (eth1)	2

Pourquoi et au bout de combien de temps une route est elle considérée comme non valide puis supprimée de la table d'un routeur ?

Question 5

Toute les 30 secondes, le daemon RIP (routed) qui s'exécute sur le routeur, transmet sur le port 520 (UDP) sa table de routage vers tous ces routeurs voisins, sous la forme de paquets IP broadcast (255.255.255.255).

Si un routeur voisin ne répond pas au bout de 180 sec (3 mns), toutes les routes passant par ce routeur sont invalidées avec un coût mis à 16 (infini).

Ces routes sont conservées durant encore 120 sec (2 mns), puis supprimées de la table si aucun paquet RIP n'est reçu de ce routeur.

Travaux pratiques : RIP

AT= 0

L'administrateur réseaux se connecte à distance sur chaque routeur R_i et programme la table de routage de chacun d'eux pour ajouter des routes statiques en utilisant la commande « route »

Exemple pour le routeur R1.

Il me faut ajouter 3 routes statiques au moyen de la commande système « route ». Je me connecte à distance ou en locale a R1 et j'exécute les commandes suivantes :

LINUX

Je commence par afficher la table de routage initiale :

```
$>route
```

Puis je tape les 3 commandes ci-dessous pour ajouter les 3 routes :

```
route add -net 10.0.0.0 netmask 255.0.0.0 dev eth2 metric 0
route add -net 20.0.0.0 netmask 255.0.0.0 dev eth3 metric 0
route add -net 80.0.0.0 netmask 255.0.0.0 dev eth1 metric 0
```

Je peux ajouter une 4eme route statique vers le sous-reseaux 70.0.0.0/8.

```
route add -net 70.0.0.0 netmask 255.0.0.0 gw 10.0.0.2 dev p2 metric 1
OU route add -net 70.0.0.0 netmask 255.0.0.0 gw 10.0.0.2 dev 10.0.0.1 metric 1
OU route add -net 70.0.0.0 netmask 255.0.0.0 gw 10.0.0.2 dev eth2 metric 1
```

Enfin je peux supprimer la 4eme route au moyen de la commande suivante:

```
route del -net 70.0.0.0 netmask 255.0.0.0 gw 10.0.0.2 dev 10.0.0.1 metric 1
```

WINDOWS

```
route ADD 10.0.0.0 MASK 255.0.0.0 10.0.0.2 IF p2 METRIC 1
route ADD 10.0.0.0 MASK 255.0.0.0 10.0.0.2 IF 13 METRIC 1

route DELETE 10.0.0.0
```

Visualiser la table de routage sur le serveur et sur le client,
avec la commande : **route**

Question 2.6.1

LINUX

La commande `route`, tout comme `ifconfig` sert à la fois à connaître l'état de la table de routage de l'hôte et à configurer de nouvelles routes statiques au besoin.

WINDOWS

Table de routage sous Windows avec la commande système [`C:\route print`]

```
C:\Users>route print
```

WINDOWS

Exemple de table de routage sous Windows
avec la commande système [`C:\route print`]

Description	Adresse IP du réseau destination	Masque du reseau	Passerelle Gateway	Interface / IF Numéro de l'interface	Métrique (Hop Count) nbre de sauts
Itinéraire par défaut	0.0.0.0	0.0.0.0	10.0.0.1	10.0.0.169	1
Réseau de bouclage	127.0.0.0	255.0.0.0	127.0.0.1	127.0.0.1	1
Réseau local	10.0.0.0	255.0.0.0	10.0.0.169	10.0.0.169	1
Adresse IP locale	10.0.0.169	255.255.255.255	127.0.0.1	127.0.0.1	1
Adresses multicast	224.0.0.0	240.0.0.0	10.0.0.169	10.0.0.169	1
Adresse de diffusion limitée	255.255.255.255	255.255.255.255	10.0.0.169	10.0.0.169	1

LINUX

Exemple de table de routage sous Linux/UNIX avec la commande système

\$route -n

```
# route -n
```

```
Kernel IP routing table
```

Destination	Gateway	Genmask	Flags	Metric	Ref	Use	Iface
192.168.1.0	0.0.0.0	255.255.255.0	U	0	0	0	eth0
0.0.0.0	192.168.1.1	0.0.0.0	UG	0	0	0	eth0

La route vers la destination 0.0.0.0 correspond à la route par défaut.

Ainsi si un paquet vers une destination n'a pas trouvé de route explicite (statique ou dynamique) vers le réseau destination, le routeur local transmettra ce paquet sur la route par défaut qui transitera vers la passerelle par défaut.

Sur le serveur ajouter une route vers le client au moyen de la commande ci-dessous, et visualiser la nouvelle table :

```
route add -net 192.168.119.0 netmask 255.255.255.0 eth0
```

Question 2.6.2

2.6.2 – Sur le serveur ajouter une route vers le réseau 192.168.119.0/24 au travers de la passerelle 192.168.119.1 et l'interface locale « eth0 » d'un cout de 1 HC (Hop count) au moyen de la commande ci-dessous, et visualiser la nouvelle table:

```
route add -net 192.168.119.0 netmask 255.255.255.0 gw 192.168.119.1 IF eth0 metric 0
```

- Lancer l'analyseur de protocole Wireshark sur le serveur. Puis lancez le daemon RIP « **routed** » sur le serveur grâce à la commande ci-dessous. Analyser les paquets RIP transmis par le serveur:

```
[prof@machine] $/etc/init.d/routed start.
```