Cours Réseaux Informatiques 2 Routage intra et inter-domaine

Dr A. DJEFFAL

Introduction

Fonctions

Commutation

Adressage & nommage

Routage

Routage dans les réseaux ad-hoc

Protocole IP

Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine

Dr A. DJEFFAL

$2^{ème}$ année Master RTIC

2015-2016

www.abdelhamid-djeffal.net

Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine

Dr A. DJEFFAL

Introduction

Fonctions

Commutation

Adressage & nommage

Routage

Routage dans les réseaux ad-hoc

Protocole IP

- Pour échanger des informations entre les utilisateurs de plusieurs réseaux locaux, les entités intermédiaires jouent un rôle capital.
- Contiennent les moyens nécessaires à l'acheminement des informations entre deux stations quelconques dans le réseaux. C
- Moyens (selon le modèle OSI) $\in$ couche 3 : la couche réseaux.

Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine
Dr A. DJEFFAL
Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP

- Couche réseaux : fournir les procédures et les moyens fonctionnels nécessaires à l'échange des informations données par la couche transport.
- C'est un service de bout en bout qui est responsable de l'acheminement des paquets de données qui peuvent traverser plusieurs nœuds intermédiaires.
- Le paquet est l'unité de transport de données dans la couche réseaux.

Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine

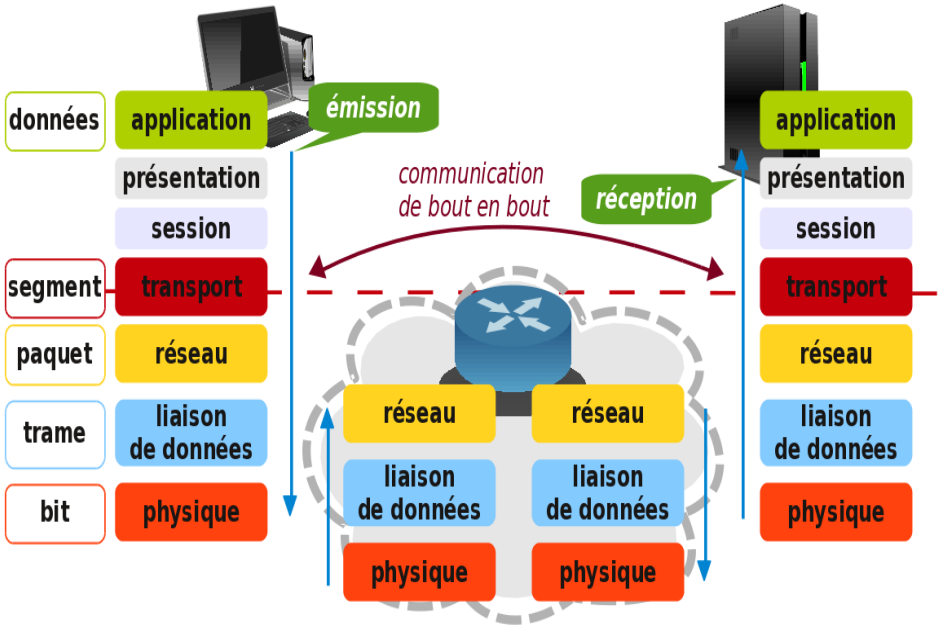
Dr A. DJEFFAL

Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP

- Couche nécessaire dans les réseaux maillés où les paquets doivent traverser plusieurs nœuds avant d'arriver à, leurs destinations ;
- N'est pas prise en compte dans les réseaux constitués par une seule liaison.
- Caractéristiques déterminées par la réalisation effective de réseaux d'ordinateurs généraux (Internet).

Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine
Dr A. DJEFFAL
Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP

Les logiciels de la couche réseaux se trouvent au niveaux des communicants et des nœuds intermédiaires

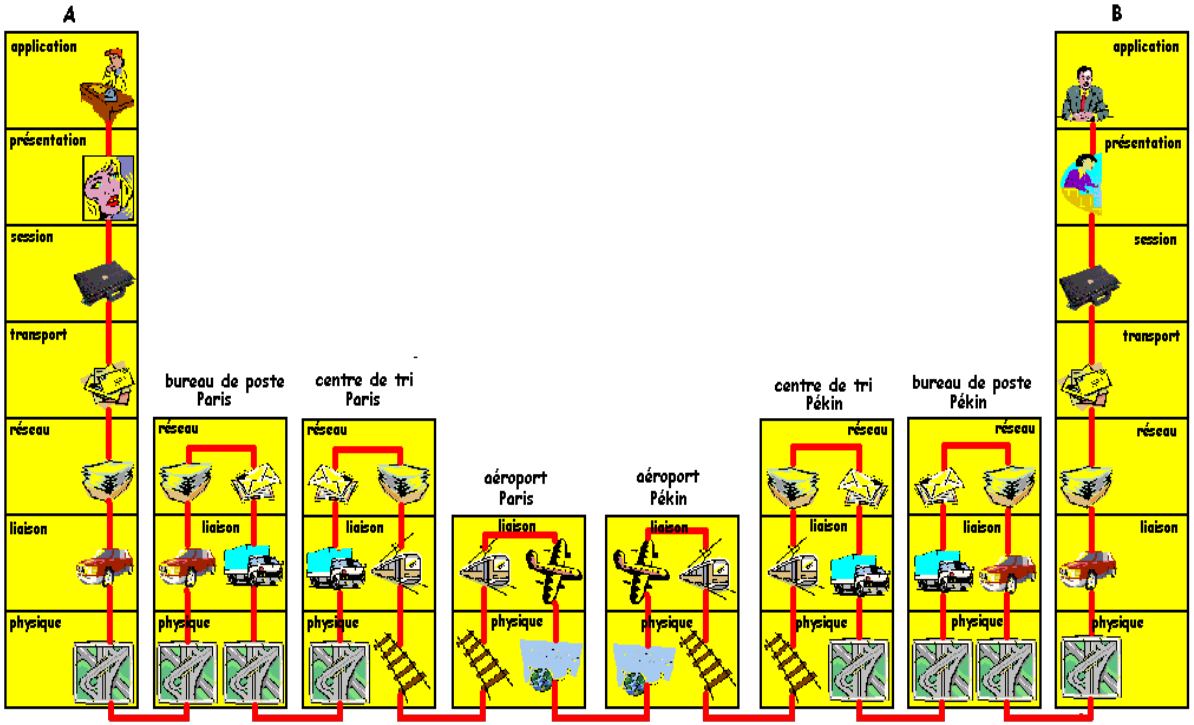


Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine

Dr A. DJEFFAL

Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP

Les logiciels de la couche réseaux se trouvent au niveaux des communicants et des nœuds intermédiaires

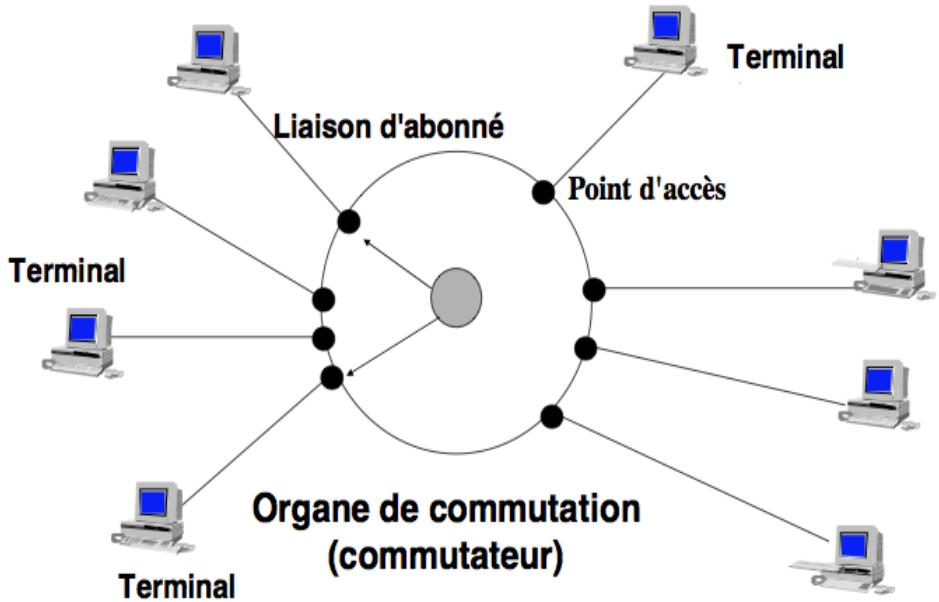


Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine
Dr A. DJEFFAL
Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP

1. **Commutation :** pour mettre en relation les deux correspondants.
2. **Adressage et nommage :** pour identifier et localiser chaque correspondant de manière unique sur le réseau.
3. **Routage :** pour acheminer les blocs d'information vers le destinataire.
4. **Segmentation :** pour adapter la taille des unités de données transférées aux capacités du réseau.
5. **Contrôle de congestion :** pour contrôler le trafic admis dans le réseau pour empêcher son effondrement.

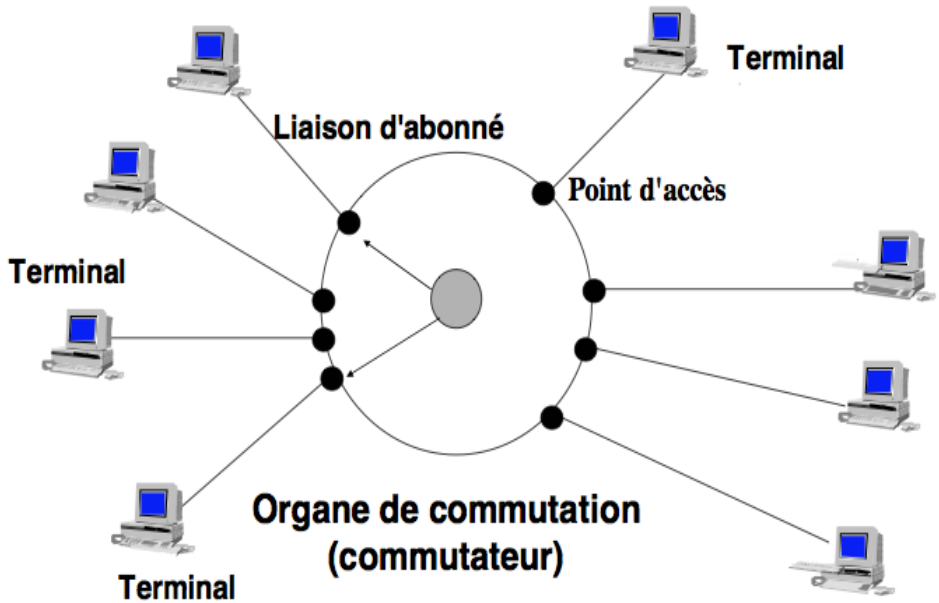
Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine
Dr A. DJEFFAL
Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP

- Mettre en relation de façon temporaire 2 points de connexion,
- Créer une liaison temporaire entre 2 terminaux connectés.
- Organe de commutation : commutateur.



Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine
Dr A. DJEFFAL
Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP

- Résoudre le problème du nombre de lignes d'abonnés (une ligne par abonné).
- Si commutateur unique :
  - Lignes d'abonnés très longues,
  - 2 abonnés connectés à la fois.



Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine

Dr A. DJEFFAL

Introduction

Fonctions

Commutation

Adressage & nommage

Routage

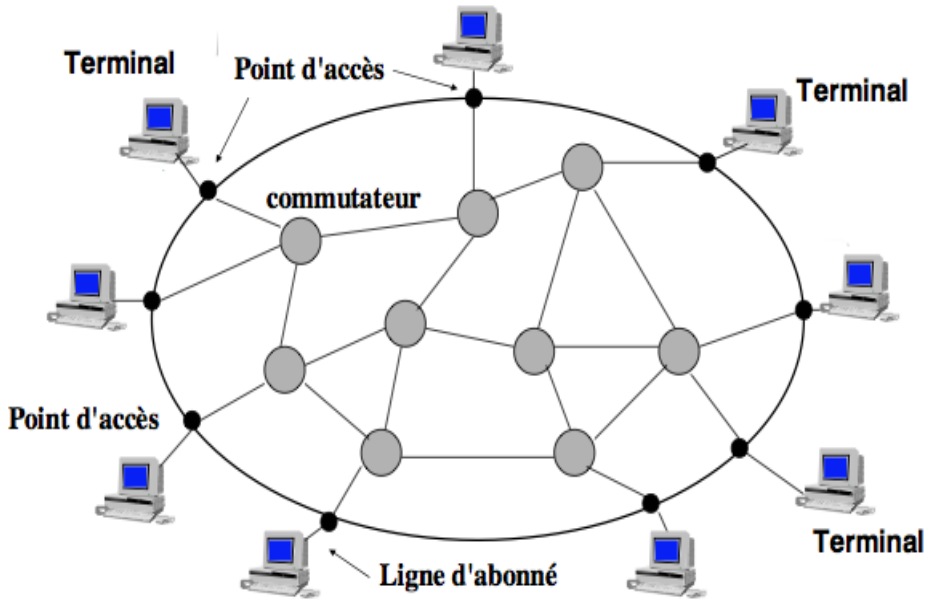
Routage dans les réseaux ad-hoc

Protocole IP

- Rapprocher les points de connexion des abonnés,
- Construire des chemins multiples entre les points de connexion,
- Créer un maillage entre des commutateurs : réseau de commutation.

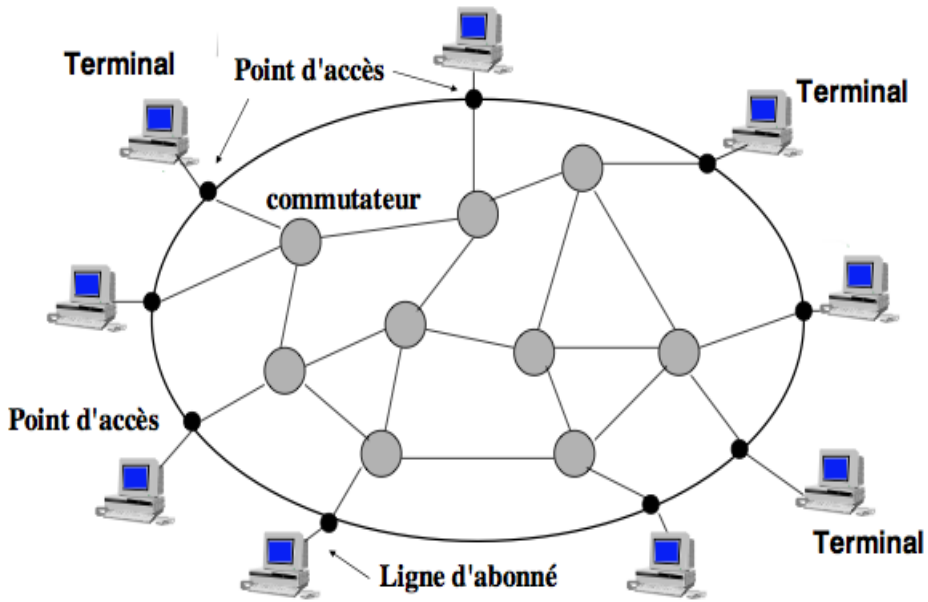
Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine
Dr A. DJEFFAL
Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP

- Terminaux reliés au réseau par une ligne d'abonné locale (courte).
- Plusieurs liaisons peuvent être établies simultanément.



Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine
Dr A. DJEFFAL
Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP

- Plusieurs terminaux peuvent accéder au réseau de commutation par le même point d'accès.
- Les commutateurs réalisent une fonction d'aiguillage et participent au routage des données



Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine

Dr A. DJEFFAL

Introduction

Fonctions

Commutation

Adressage & nommage

Routage

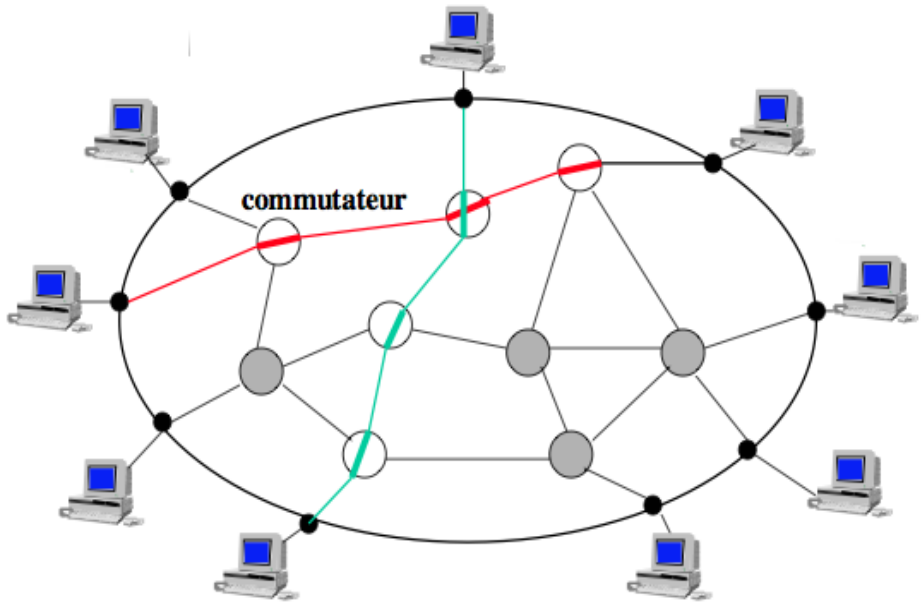
Routage dans les réseaux ad-hoc

Protocole IP

- Ressource rare vis-à-vis de la demande potentielle
- Recherche indispensable des techniques particulières pour optimiser le partage des ressources,
- Selon la technique employée pour relier deux utilisateurs, on distingue la commutation de circuits, de messages ou de paquets.

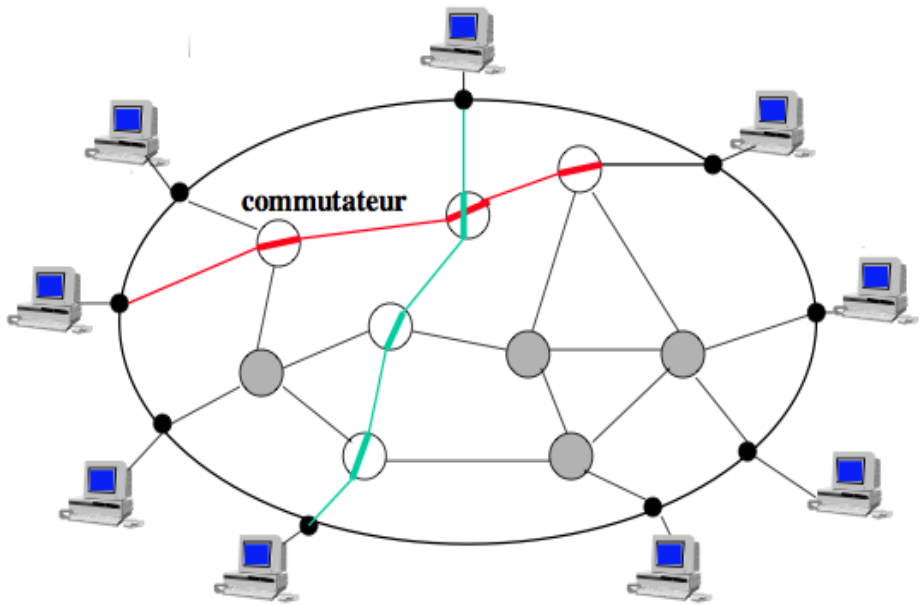
Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine
Dr A. DJEFFAL
Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP

- Issue des techniques utilisées dans les réseaux téléphoniques (RTC).
- Se déroule en 3 phases



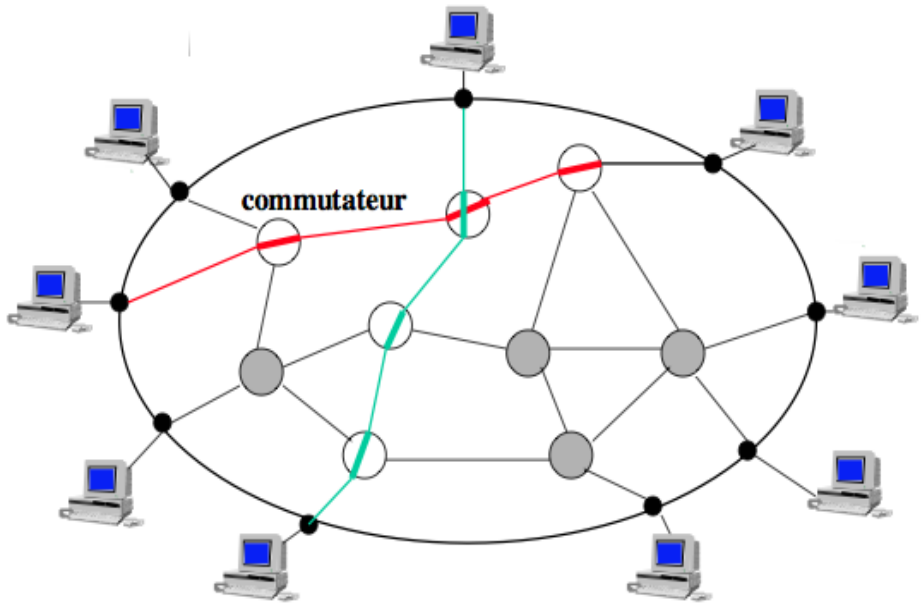
Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine
Dr A. DJEFFAL
Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP

1. **La connexion :** un chemin est établi entre l'appelant et l'appelé, par commutations successives. Les commutateurs ne remplissent qu'une fonction d'aiguillage. Tout se passe comme s'il n'y avait qu'une seule liaison entre les extrémités.



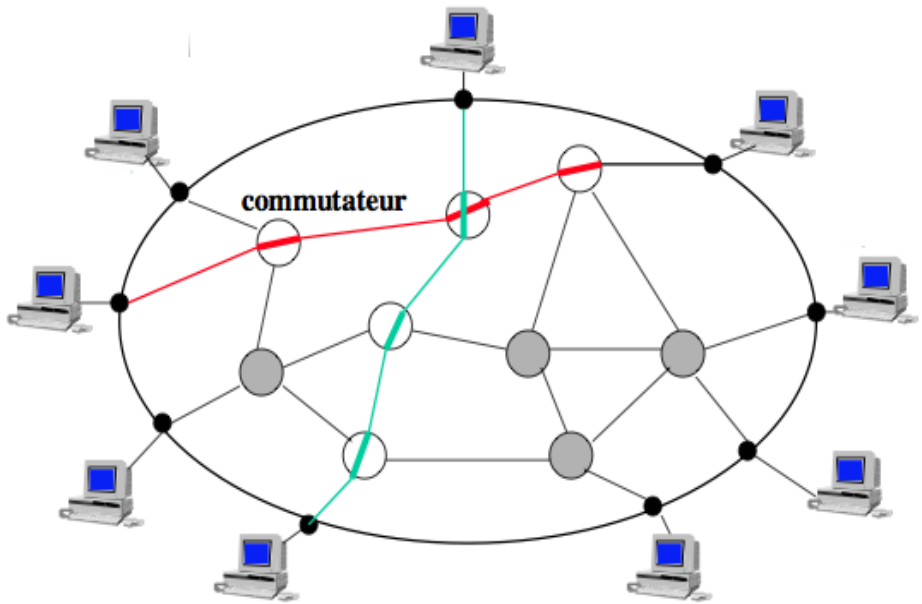
Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine
Dr A. DJEFFAL
Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP

2. **Le transfert :** Les données (ou la voix) sont transmises de bout en bout sur le "circuit de données". Les ressources (lignes) sont attribuées en permanence, et en volume constant, pendant toute la durée de la communication (les "silences" sont pénalisés).



Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine
Dr A. DJEFFAL
Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP

3. **La libération :** après le transfert, les ressources sont restituées au réseau de commutation, et sont disponibles pour d'autres communications.



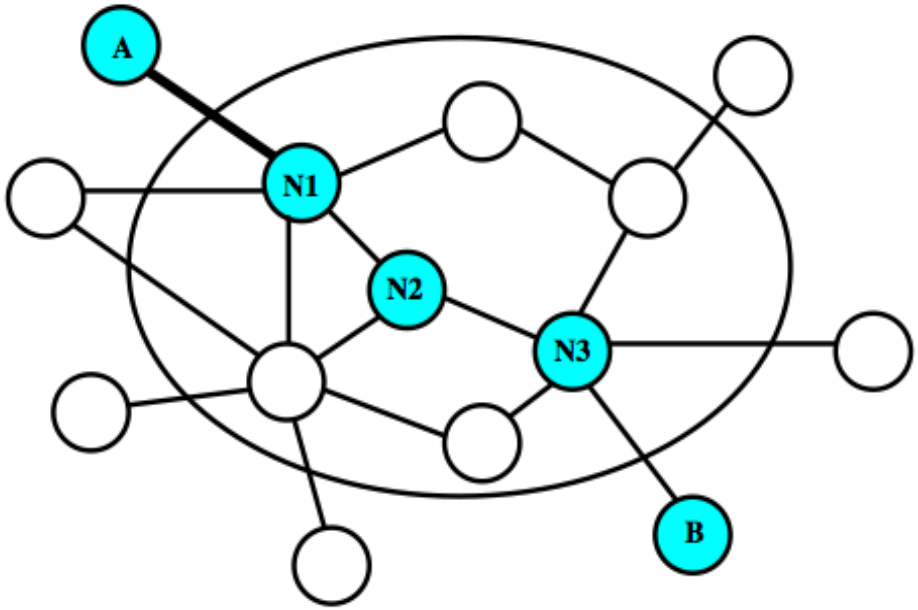
Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine
Dr A. DJEFFAL
Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP

Cette technique soufre de trois inconvénients :

- Chevelure analogique (débit limité)
- Délais de connexion importants
- Signalisation indistincte des données, et mal adaptée

Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine
Dr A. DJEFFAL
Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP

- Le principe est très différent de la commutation de circuits.
- Les données sont structurées en messages.
- Un message est une suite logique de données qui forment un tout (fichier, enregistrement ...).



Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine
Dr A. DJEFFAL
Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP

Un message est acheminé vers sa destination au fur et à mesure des commutations :

1. Le message délivré par A est envoyé vers N1, où il est stocké et vérifié,
2. La liaison A-N1 est libérée
3. Il est transmis à N2, où il est stocké et vérifié,
4. La liaison N1-N2 est libérée,

Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine

Dr A. DJEFFAL

Introduction

Fonctions

Commutation

Adressage & nommage

Routage

Routage dans les réseaux ad-hoc

Protocole IP

- Le processus est itératif jusqu'à la livraison du message à B
- Ainsi, les commutateurs (ou nœuds de commutation) sont dotés de mémoire et de capacité de traitement de données (leur fonction va au-delà d'un simple aiguillage).
- Quand un message est enregistré dans un nœud de commutation, la liaison par laquelle il est arrivé est libérée, et ses ressources sont disponibles pour le réseau de commutation.

Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine
Dr A. DJEFFAL
Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP

Avantage

- Sur le chemin AB, on n'utilise qu'une seule liaison de données à la fois,
- les autres étant disponibles pendant ce temps pour d'autres communications

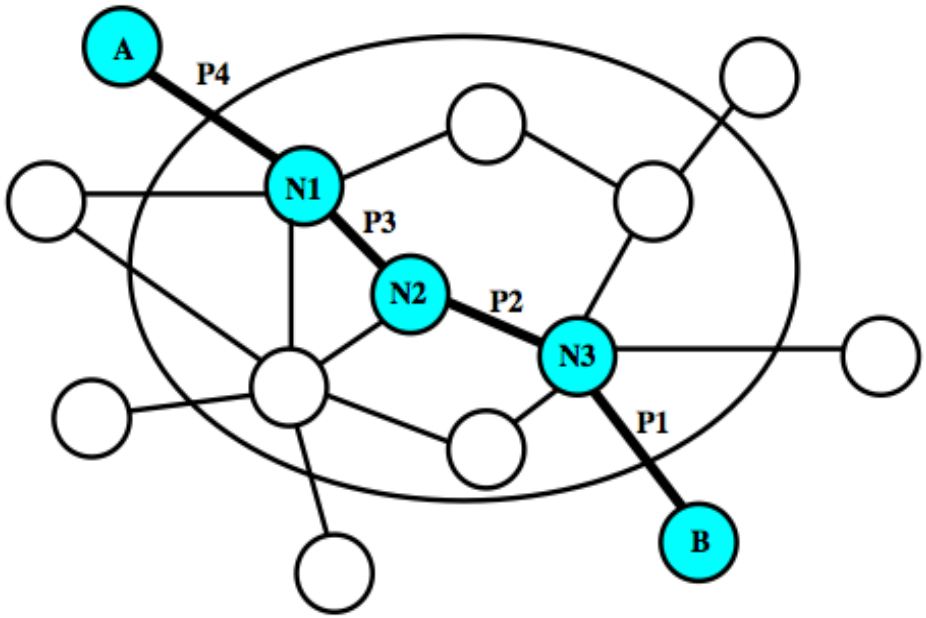
Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine
Dr A. DJEFFAL
Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP

Inconvénient :

- Si la taille des messages est trop importante, il y a des risques de débordement des tampons de stockage puisqu'un nœud de commutation peut recevoir des messages depuis plusieurs stations).
- En plus, le délai d'acheminement de bout en bout est excessif (il faut attendre qu'un message soit entièrement stocké dans un nœud avant de le retransmettre vers le nœud suivant),

Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine
Dr A. DJEFFAL
Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP

- Fragmenter les messages en paquets de taille moyenne.
- Les paquets sont acheminés de nœud en nœud : après avoir été vérifiés, ils sont réexpédiés, sans attendre la totalité du message.



Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine
Dr A. DJEFFAL
Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP

Élimine les inconvénients engendrés par la commutation de messages trop longs :

- A débit constant, le délai d'acheminement de bout en bout est plus court,
- La capacité de stockage des nœuds de commutation est moindre,
- A taux d'erreur constant, la probabilité d'erreur sur un paquet (un bit erroné) est plus faible, et en cas d'erreur, seul le paquet erroné doit être retransmis.
- De plus, les paquets peuvent plus facilement être multiplexés sur des liaisons à haut débit.

Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine
Dr A. DJEFFAL
Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP

La taille des paquets est fixée par un compromis entre 2 contraintes :

- Il faut réduire leur taille pour profiter au maximum des avantages de la fragmentation,
- Il ne faut pas trop la réduire, à cause de l'encapsulation des données (pour ne pas réduire le débit utile, il faut que la taille des données utiles soit très supérieure à celle de la signalisation et des informations protocolaires).

Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine
Dr A. DJEFFAL
Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP

- En pratique, elle est fixée par les protocoles de transfert de paquets
- Elle est généralement de l'ordre de grandeur du koctet (sauf pour les réseaux à commutations rapides, pour lesquels les messages sont fragmentés en cellules de quelques dizaines d'octets).

Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine

Dr A. DJEFFAL

Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP

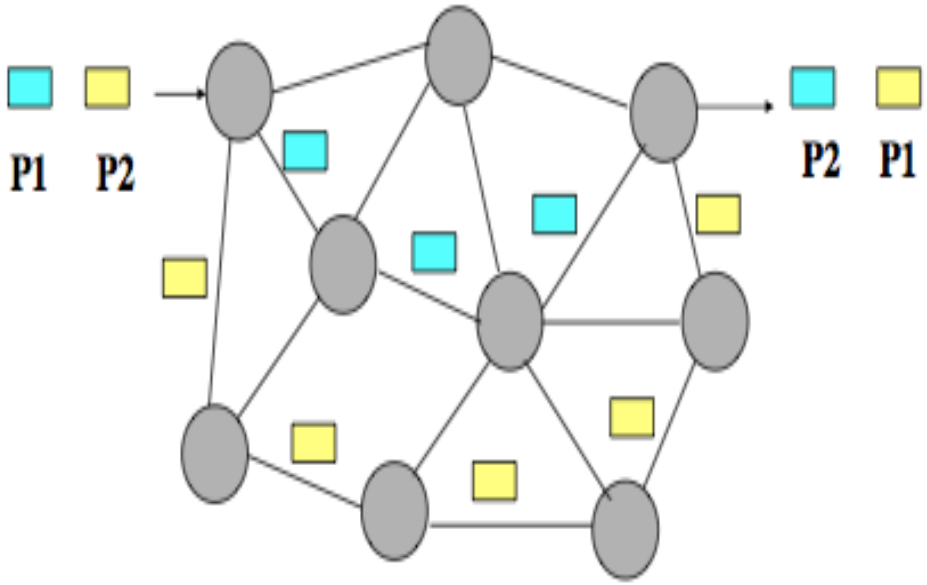
La commutation de paquets peut se faire en deux modes :

- Mode non connecté
- Mode connecté

Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine
Dr A. DJEFFAL
Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP

Mode non connecté

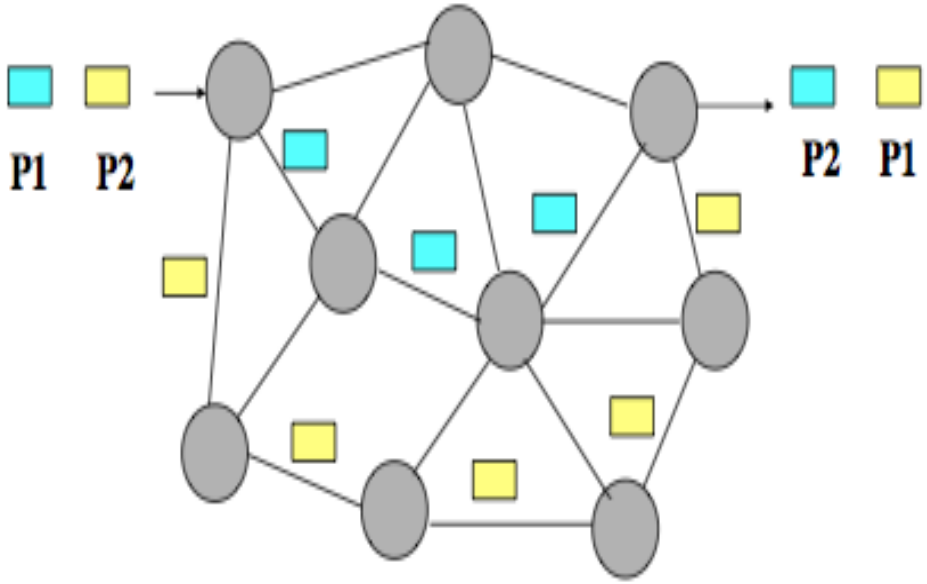
- les paquets (appelés datagrammes) sont transmis de nœud en nœud, au fur et à mesure que la connexion est établie, sans s'assurer que les ressources soient disponibles de bout en bout.



Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine
Dr A. DJEFFAL
Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP

Mode non connecté

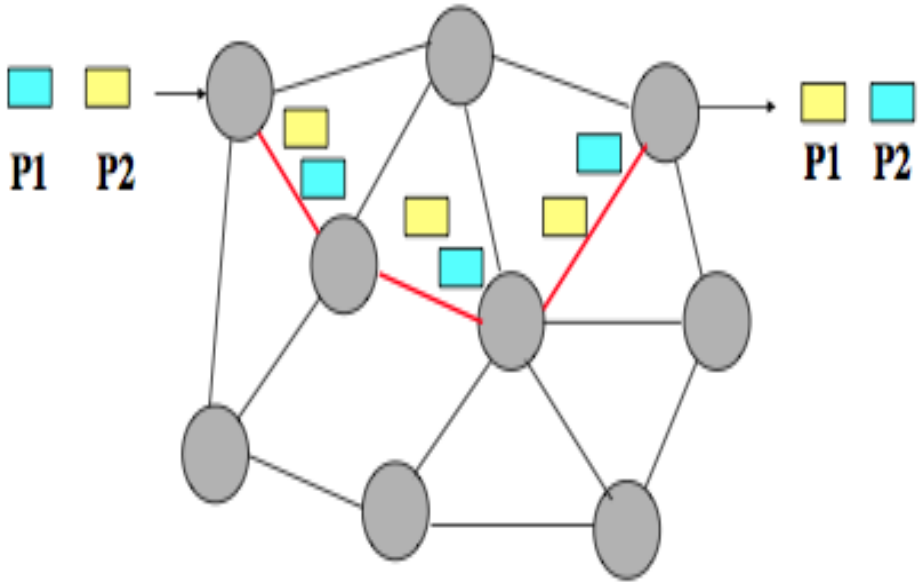
- Les paquets d'un même message, sont indépendants.
- Ils peuvent suivre des chemins différents, car les algorithmes de routage sont adaptatifs (chaque paquet subit un routage, et son parcours dépend du trafic).
- Ils sont livrés dans le désordre.



Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine
Dr A. DJEFFAL
Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP

Mode connecté

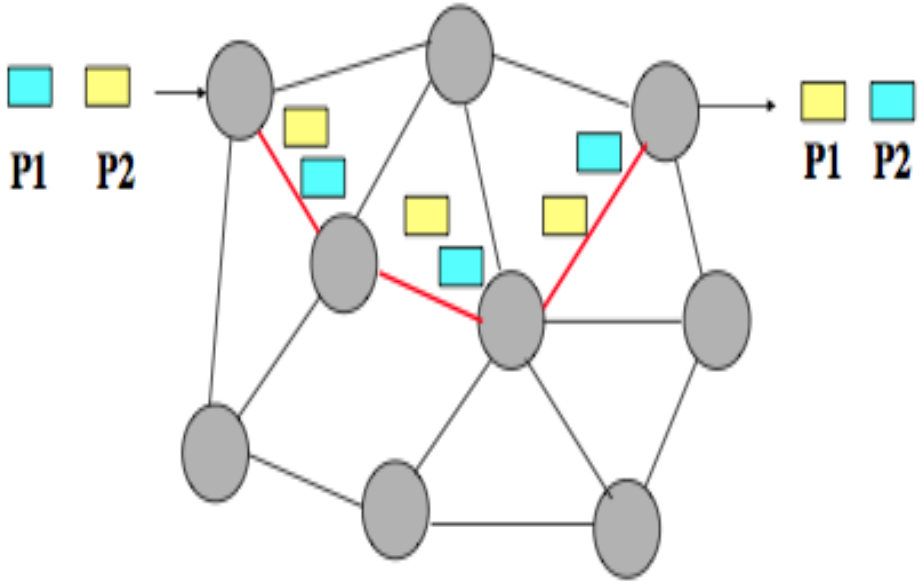
- un circuit est établi de bout en bout, avant de transférer le message, comme pour la commutation de circuits. Mais il s'agit bien de la commutation de paquets (le circuit est virtuel).



Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine
Dr A. DJEFFAL
Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP

Mode connecté

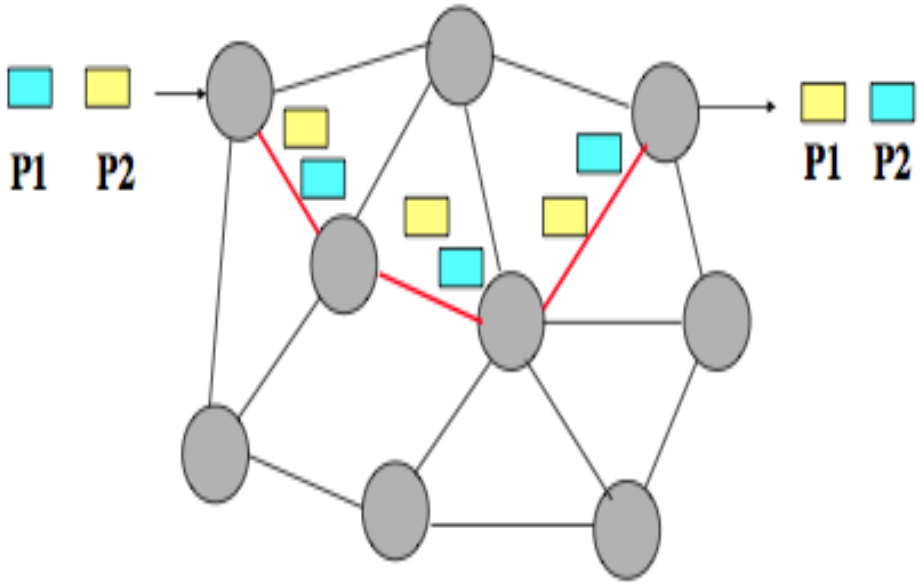
- Avant de transférer les paquets de données, un paquet (appelé paquet d'appel) subit un routage adaptatif, pour parcourir un chemin optimal.



Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine
Dr A. DJEFFAL
Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP

Mode connecté

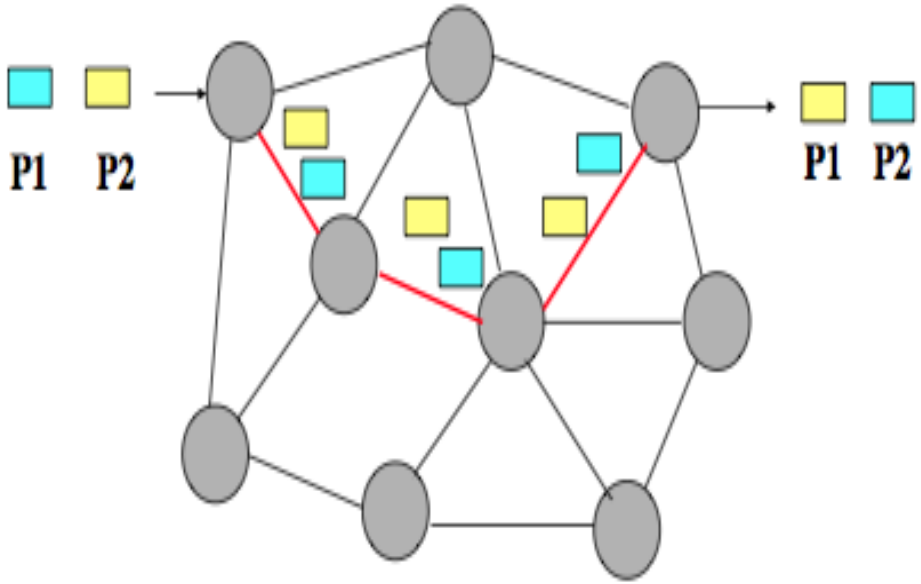
- Au fur et à mesure de son parcours, les ressources sont réservées, et les tables de routage des nœuds traversés sont fixées.



Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine
Dr A. DJEFFAL
Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP

Mode connecté

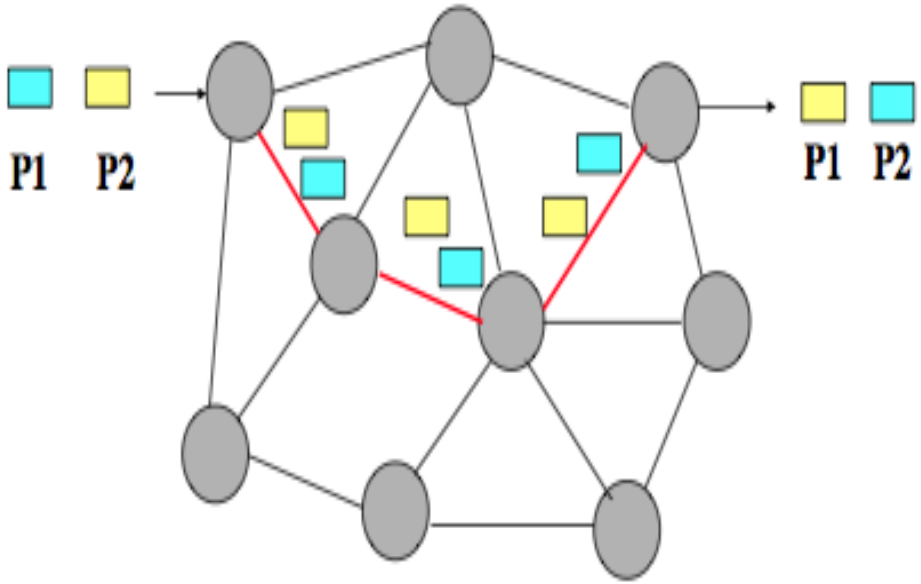
- Ainsi, tous les paquets suivants d'un même message suivront le même chemin (appelé circuit virtuel commuté ou CVC), et sont livrés dans l'ordre d'émission.



Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine
Dr A. DJEFFAL
Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP

Mode connecté

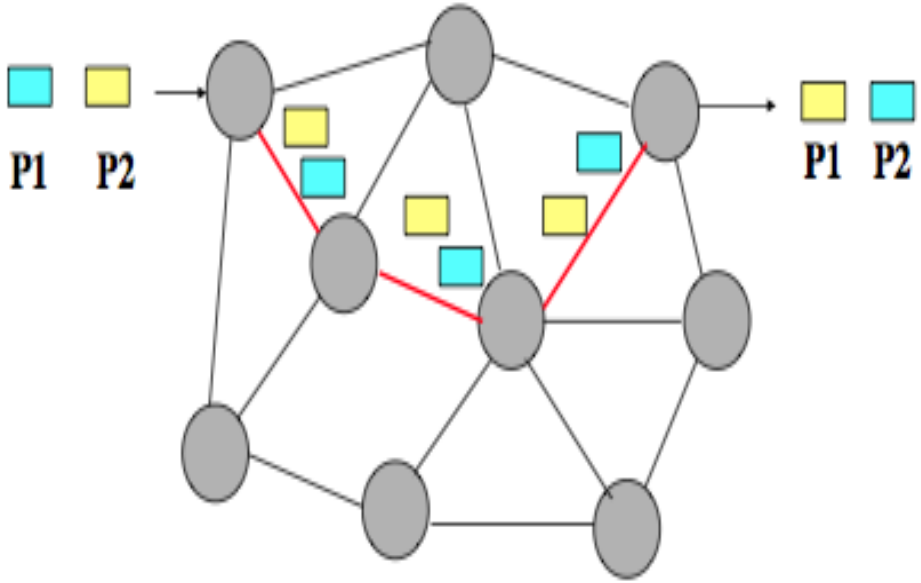
- Après le transfert des données, un paquet (de libération) parcourt le CVC, et le ferme en restituant ses ressources.



Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine
Dr A. DJEFFAL
Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP

Mode connecté

- Le transfert des paquets de données est plus rapide, car ils ne sont pas retardés par l'exécution d'un algorithme de routage.



Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine
Dr A. DJEFFAL
Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP

Le contrôle d'erreur dans les réseaux à commutation de paquets peut se faire en deux manières :

1. Un contrôle d'erreur par liaison de données : Le paquet, encapsulé dans une trame, est contrôlé dans chaque nœud de commutation. Cette méthode augmente la fiabilité, mais aussi le délai de transit.
2. Un contrôle d'erreur de bout en bout : Il n'y a pas de contrôle d'erreur dans les nœuds de commutation. Le contrôle est effectué aux extrémités par les usagers du réseau de commutation. Le transfert est moins fiable, mais plus rapide.

Adressage & nommage
Objectif

Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine
Dr A. DJEFFAL
Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP

Adressage = moyen d'identifier de manière unique deux entités communicantes

- la source doit pouvoir fournir au réseau l'adresse du destinataire
- le destinataire doit pouvoir identifier l'adresse de son correspondant (adresse source)

Adressage & nommage
Objectif

Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine
Dr A. DJEFFAL
Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP

Une machine doit pouvoir donc être identifiée par :

1. une adresse qui doit être un identificateur universel de la machine,
2. un nom (mnémotechnique pour les utilisateurs),
3. une route précisant comment la machine peut être atteinte.

Adressage & nommage
Objectif

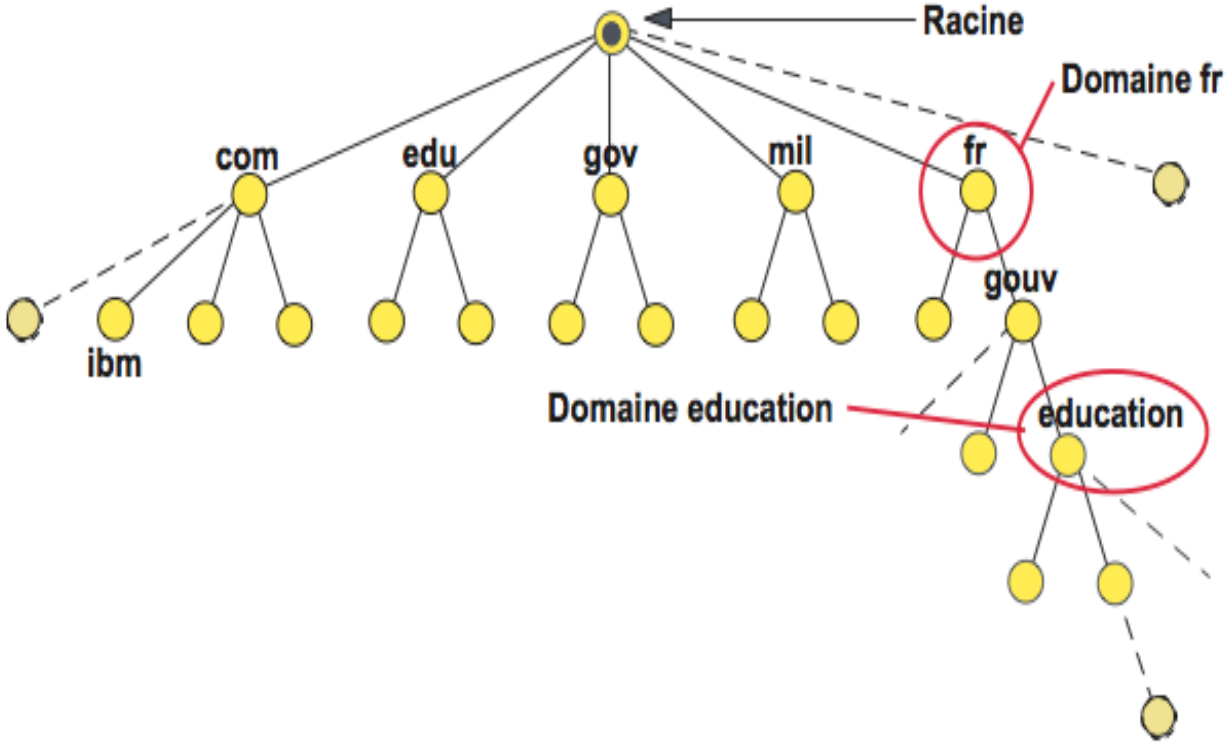
Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine
Dr A. DJEFFAL
Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP

- Les noms sont plus faciles à utiliser par les utilisateurs, mais ne permettent pas l'identification des machines et nécessitent un moyens de faire la correspondance avec les adresses.
- Les adresses forment le moyen d'identifier de manière unique chacun de ses utilisateurs.

Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine
Dr A. DJEFFAL
Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP

- Nommage complémentaire de l'adressage, l'un désigne l'objet, l'autre précise sa localisation.
- Dissocie l'objet de sa localisation géographique.
- Le déplacement de l'objet nommé est transparent à l'utilisateur.
- Le nommage utilise deux modes de représentation :
  - Le nommage à plat ou horizontal, garantit l'unicité d'un nom sur le réseau (NetBios)
  - Le nommage hiérarchique, plus souple, organise le nommage en domaines (Internet).

Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine
Dr A. DJEFFAL
Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP



Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine

Dr A. DJEFFAL

Introduction

Fonctions

Commutation

Adressage & nommage

Routage

Routage dans les réseaux ad-hoc

Protocole IP

- DNS (Domain Name System) : un système d'annuaire
- permet de faire la correspondance entre le nom symbolique et l'adresse IP.
- Les serveurs DNS assurent la traduction des noms en adresses IP et réciproquement (résolution)
- Ils possèdent des informations sur l'architecture de l'arbre et sur les données associées.

Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine
Dr A. DJEFFAL
Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP

- But : détermination d'un chemin à travers le réseau entre une machine émettrice et une machine réceptrice,
- Les protocoles de routage établissent des règles d'échange entre routeurs
- Mettent à jour leurs tables d'informations selon des critères de coût (distance, état de la liaison, débit).
- Améliorent l'efficacité du routage.

Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine

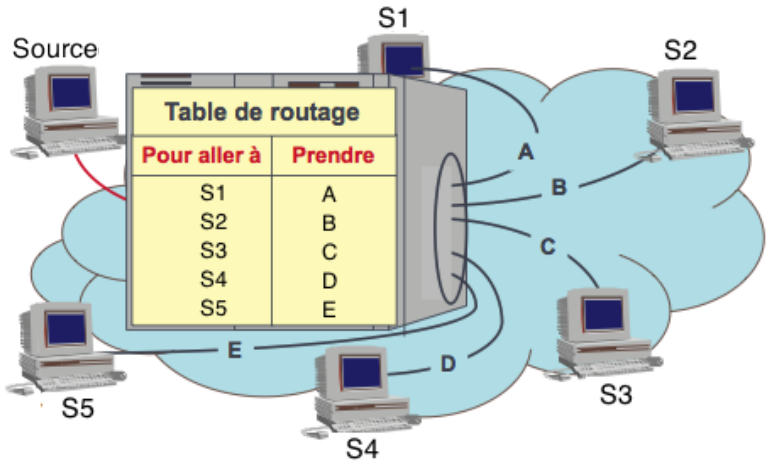
Dr A. DJEFFAL

Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP

- Boucles de routage (le message peut "tourner en rond" dans le réseau et ne jamais atteindre son destinataire).
- En cas de panne dans le réseau et qu'il faut optimiser le calcul des nouvelles routes rapidement

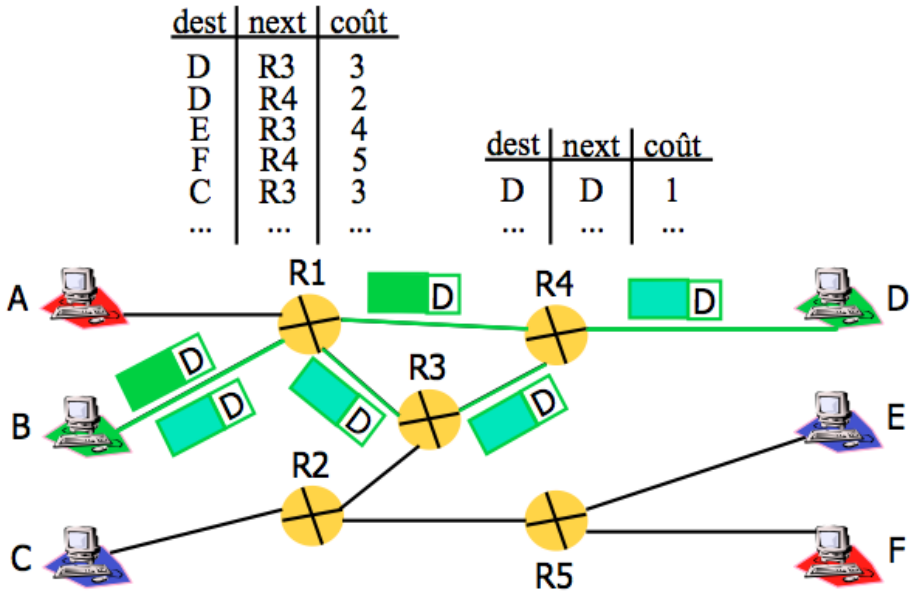
Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine
Dr A. DJEFFAL
Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP

- Chaque nœud comporte des tables de routage,
- La table de routage indique la route à suivre pour atteindre le destinataire.
- Une table de routage : ensemble de triplets <Adresse destination>/<Route à prendre>/<Coût>.



Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine
Dr A. DJEFFAL
Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP

- Chaque paquet contient @destination
- Le "coût" permet de choisir la route appropriée si plusieurs routes sont possibles.
- Figure : coût = nombre de sauts.



Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine
Dr A. DJEFFAL
Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP

- commence par la construction des tables de routage au niveau de chaque nœud
- utilise ces tables pour l'acheminement des paquets entre les stations
- À priori, aucun routeur n'a une vision globale de la route que prendront les paquets
- les paquets sont relayés de proche en proche jusqu'au destinataire
- L'émetteur du paquet doit connaître le premier routeur relais
- chaque routeur est chargé d'acheminer le paquet vers le routeur suivant jusqu'à la destination finale

Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine
Dr A. DJEFFAL
Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP

- une taille minimale pour les tables de routage,
- Une consultation rapide des tables,
- Une consommation acceptable de mémoire
- Le moins possible d'informations à échanger
- minimiser la fréquence des messages de contrôle générés par l'échange des informations de routage
- être robuste en évitant les boucles,la surcharge de certains routeurs...
- trouver une route optimale

Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine

Dr A. DJEFFAL

Introduction

Fonctions

Commutation

Adressage & nommage

Routage

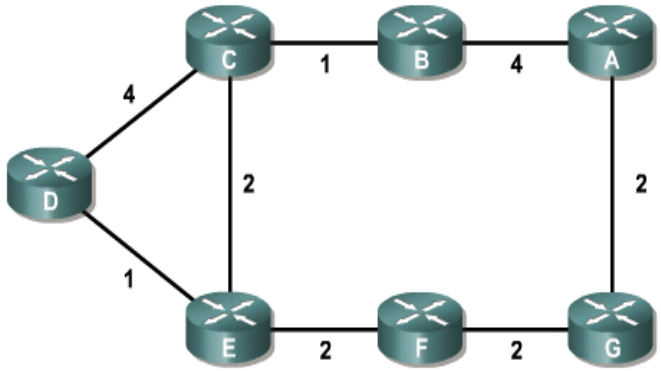
Routage dans les réseaux ad-hoc

Protocole IP

- Statique : le choix de la route est défini par l'administrateur une fois pour toute
  - Adapté aux petits réseaux
  - assure le séquencement des paquets même en mode non connecté (les paquets prennent la même route)
  - simple
  - Ne recherche pas la route optimale
  - n'est pas adapté à la défaillance d'un lien.
- Dynamique : les tables de routage construites automatiquement sans l'intervention de l'administrateur.
  - Les routeurs échangent régulièrement leurs états et mettent à jour leurs tables de routage.
  - Plus complexe
  - surcharge le réseau par l'échange d'informations de routage
  - ne garantit pas le séquencement en mode non connecté.
  - Permet de choisir la route optimale.

Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine
Dr A. DJEFFAL
Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP

- L'administrateur calcule les chemins minimums entre chaque deux stations (réseaux)
- introduits les tables correspondant à ces chemins dans chaque routeur.
- Le réseaux représenté par un graphe pondéré.
- Calcul des chemins effectué part des algorithmes PCC (Dijkstra)



Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine
Dr A. DJEFFAL
Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP

Le coût (métrique) de chaque arrête peut être calculé selon :

- le nombre de saut
- la distance réelle (en km)
- le délai de transmission
- le nombre de paquets moyen dans les files d'attente
- le taux d'erreurs moyen
- le trafic moyen observé, ...

Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine
Dr A. DJEFFAL
Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP

- Chaque nœud envoie le message sur toutes ses lignes de sortie, sauf celle d'où provient le message.
- Problème de surcharge du réseau, Solution
  - chaque message comporte un compteur de sauts.
  - Le compteur est initialisé à l'émission (max sauts) et décrémenté par chaque nœud.
  - Le message est détruit quand le compteur de sauts est à zéro.
- Problème de bouclages, Solution
  - les messages sont numérotés,
  - chaque nœud mémorise cet identifiant
  - détruit les messages déjà vus.

Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine
Dr A. DJEFFAL
Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP

- Système très robuste : résiste à la destruction de plusieurs lignes
- garantit le plus court chemin ;
- communications militaires
- Utilisé pour diffuser les informations d'états du réseau.
- Utilisé pour découvrir le chemin optimal et en déduire une route statique.

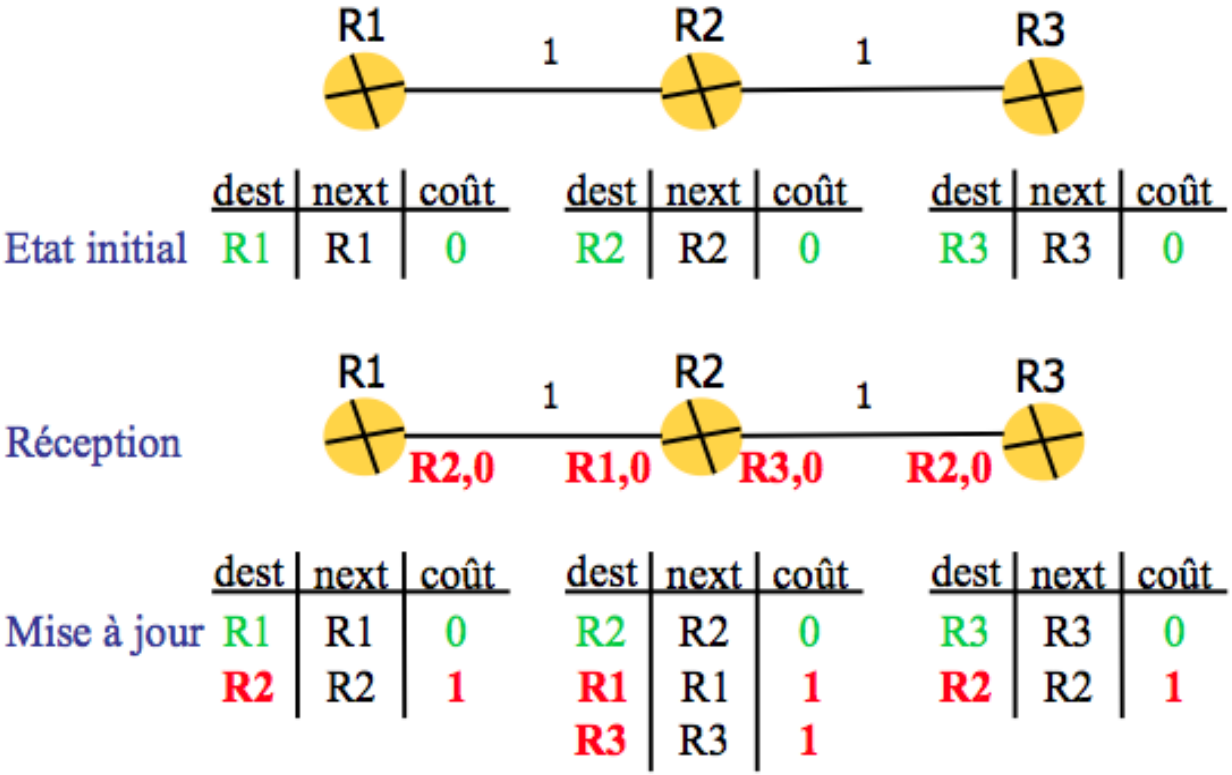
Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine
Dr A. DJEFFAL
Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP

- Distance Vector Routing ou routage de Bellman-Ford,
- Chaque nœud du réseau maintient une table de routage qui comporte une entrée par nœud du réseau et le coût pour joindre ce nœud.
- Périodiquement chaque nœud diffuse sa table de routage à ses voisins. Le nœud destinataire apprend ainsi ce que son voisin est capable de joindre.

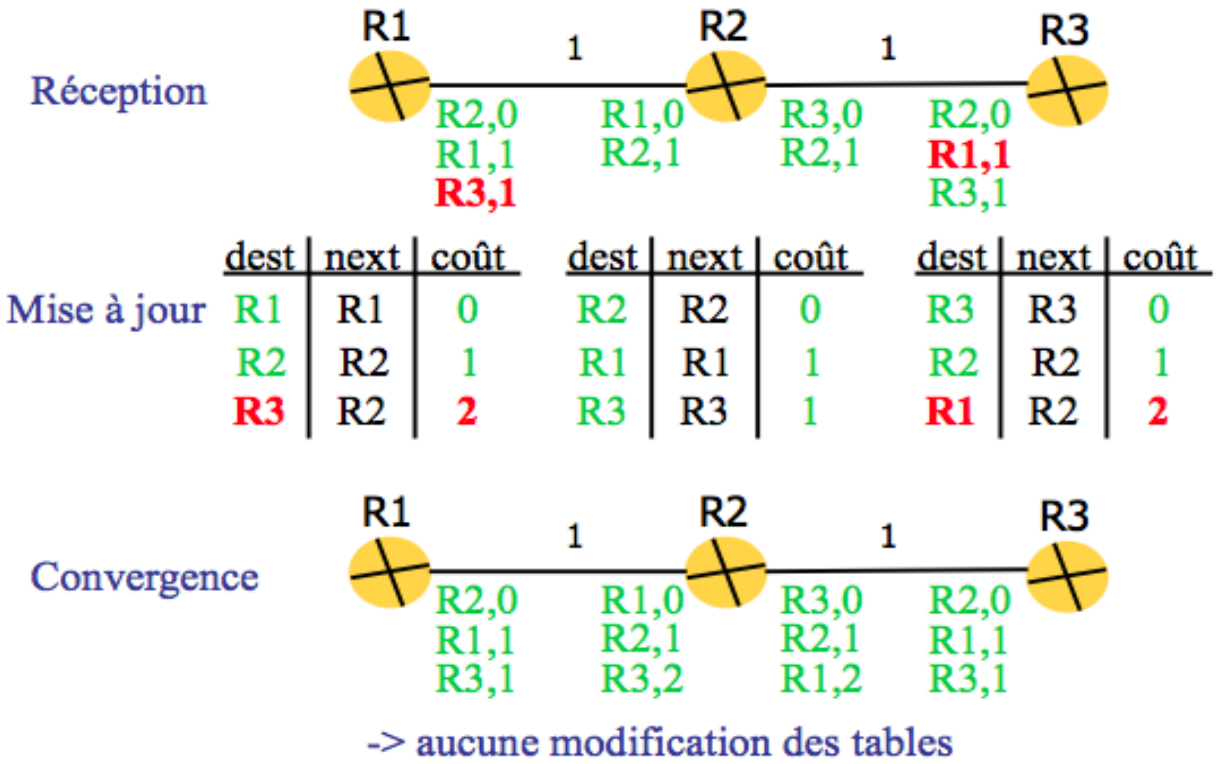
Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine
Dr A. DJEFFAL
Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP

- À réception, le nœud compare les informations reçues à sa propre base de connaissance :
  - La table reçue contient une entrée qui n'est pas déjà dans sa propre table, il incrémente le coût de cette entrée du coût affecté au lien par lequel il vient de recevoir cette table et met cette entrée dans sa table. Il a ainsi appris une nouvelle destination.
  - La table contient une entrée qu'il connaît déjà. Si le coût calculé (coût reçu incrémenté du coût du lien) est supérieur à l'information qu'il possède, il l'ignore sinon il met sa table à jour de cette nouvelle entrée.
- De proche en proche chaque nœud apprend la configuration du réseau et le coût des différents chemins.
- La convergence des différentes tables peut être assez longue. Les deux figures suivantes en représentent un exemple.

Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine
Dr A. DJEFFAL
Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP



Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine
Dr A. DJEFFAL
Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP

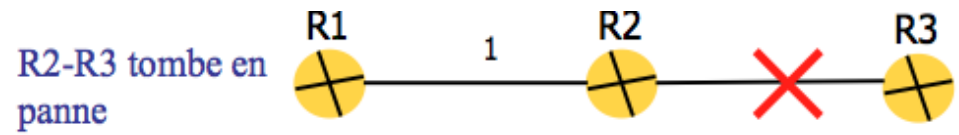


Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine
Dr A. DJEFFAL
Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP

Deux problèmes en cas de panne d'un lien :

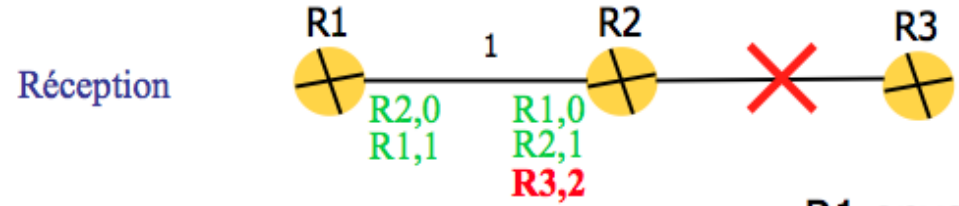
1. Les boucles de routage : la panne d'un lien peut conduire à une bouclage infini des paquets dans le réseau. La figure suivante illustre ce phénomène :tous les paquets à destination de R3 oscillent entre R1 et R2

Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine
Dr A. DJEFFAL
Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP



	dest	next	coût	dest	next	coût
Mise à jour	R1	R1	0	R2	R2	0
	R2	R2	1	R1	R1	1
	R3	R2	2	R3	R3	+inf

R2 n'envoie plus la route vers R3 car il ne sait plus le joindre !



	dest	next	coût	dest	next	coût
Mise à jour	R1	R1	0	R2	R2	0
	R2	R2	1	R1	R1	1
	R3	R2	2	**R3**	**R1**	**3**

R1 envoie la sienne, puis R2 envoie la sienne, ... -> comptage à l'infini

Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine
Dr A. DJEFFAL
Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP

Deux problèmes en cas de panne d'un lien :

2. l'algorithme ne converge plus : à l'échange suivant, R1 apprend de R2 que désormais le coût pour joindre R3 en passant par R2 est de 3 $\rightarrow$ il met sa table à jour (R3, R2, 4) ; de même, R2 va apprendre de R1 que désormais le coût pour joindre R3 est de 4...

Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine
Dr A. DJEFFAL
Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP

Les solutions utilisées consistent à :

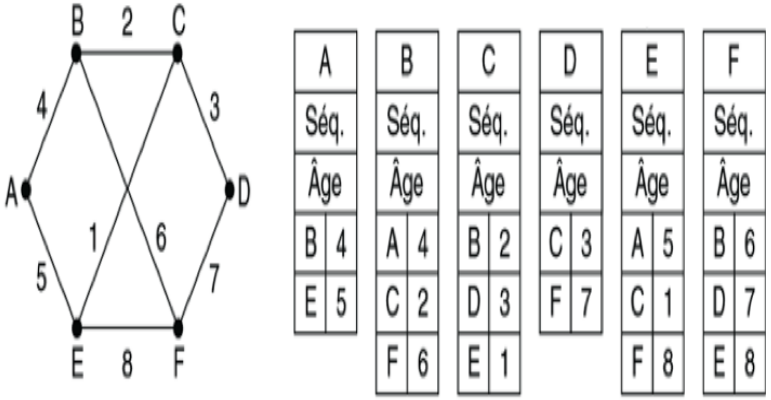
- interdire à un nœd de signaler une destination qu'il connaît au routeur par lequel il l'a apprise (split horizon)
- limiter la valeur infinie du coût à une petite valeur (16 dans RIP) $\rightarrow$ convergence dés que l'infini est atteint

Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine
Dr A. DJEFFAL
Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP

Routage à vecteur de distance : Attendre le voisin pour avoir l'information, ce qui peut être long.
Le routage à état des liens (link state routing) procède différemment :

- Chaque routeur apprend ses propres réseaux directement connectés
- Les routeurs découvrent les routeurs directement connectés
- Chaque routeur A construit son propre LSP (Link State Packet) sous la forme (A, B, c), le lien du nœud A vers le nœud B a un coût de c ;

Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine
Dr A. DJEFFAL
Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP



A		B		C		D		E		F	
Séq.		Séq.		Séq.		Séq.		Séq.		Séq.	
Âge		Âge		Âge		Âge		Âge		Âge	
B	4	A	4	B	2	C	3	A	5	B	6
E	5	C	2	D	3	F	7	C	1	D	7
		F	6	E	1			F	8	E	8

- Dés que le LSP est crée, le routeur le diffuse vers tous ses voisins qui stockent l'information et ensuite l'achemine jusqu'à ce que tous les routeurs aient la même information.
- Une fois que tous les routeurs ont reçu tous les LSP, chaque nœud construit une table où figure pour chaque lien son coût (matrice de coûts).

Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine
Dr A. DJEFFAL
Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP

- Dés que le LSP est crée, le routeur le diffuse vers tous ses voisins qui stockent l'information et ensuite l'achemine jusqu'à ce que tous les routeurs aient la même information.
- Une fois que tous les routeurs ont reçu tous les LSP, chaque nœud construit une table où figure pour chaque lien son coût (matrice de coûts).

	A	B	C	D	E	F
A	0	4	∞	∞	5	∞
B	4	0	2	∞	∞	6
C	∞	2	0	3	1	∞
D	∞	∞	3	0	∞	7
E	5	∞	1	∞	0	8
F	∞	6	∞	7	8	0

- À partir de cette table, il calcule la table de routage.

Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine

Dr A. DJEFFAL

Introduction

Fonctions

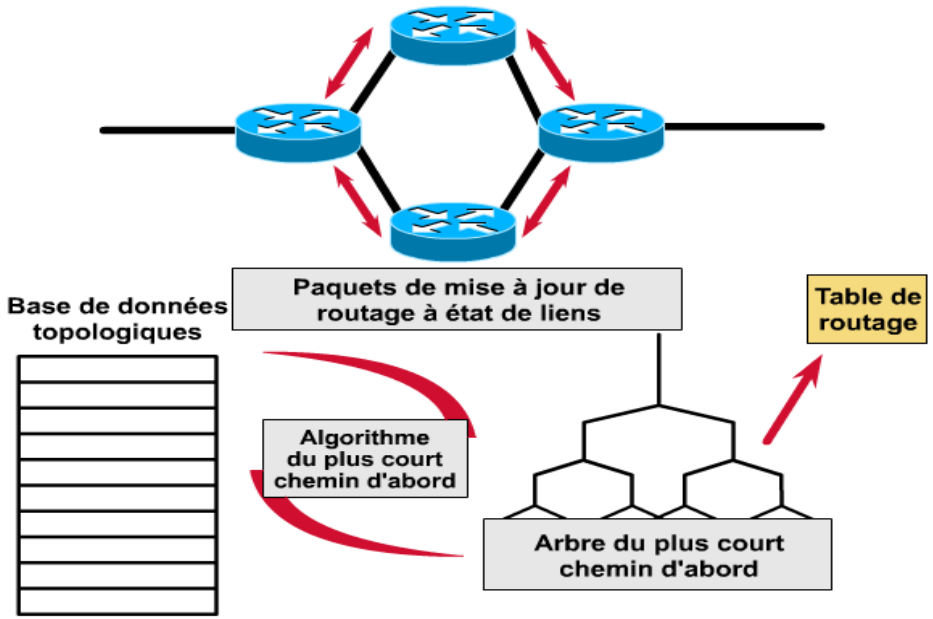
Commutation

Adressage & nommage

Routage

Routage dans les réseaux ad-hoc

Protocole IP



Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine

Dr A. DJEFFAL

Introduction

Fonctions

Commutation

Adressage & nommage

Routage

Routage dans les réseaux ad-hoc

Protocole IP

En pratique on utilisent les solutions suivantes

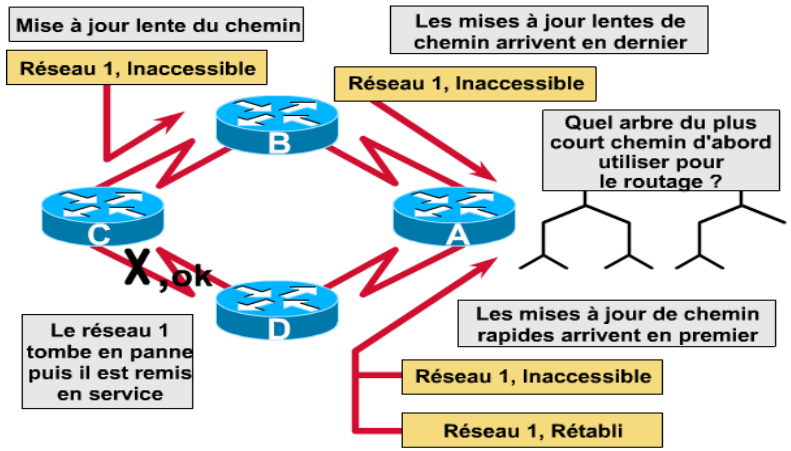
- découverte des voisins : envoi d'un paquet spécial, HELLO, auquel les voisins répondent par leur identité
- mesure du coût de la ligne : envoi d'un paquet spécial, ECHO, qui est aussitôt renvoyé par les voisins ; un timer mesure le temps A/R en tenant compte ou non de la charge du lien (temps dans les files d'attente)
- élaboration des paquets d'état de lien : à intervalles réguliers ou quand un évènement important se produit
- distribution des paquets : par inondation avec numérotation des paquets et âge du paquet
- calcul de la nouvelle table par l'algorithme de Dijkstra (en se plaçant à la racine)

Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine
Dr A. DJEFFAL
Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP

- En cas de panne, le premier routeur informé transmet l'information aux autres (ou à un routeur désigné)
- les informations de routage sont envoyées à tous les routeurs
- Chaque routeur modifie sa base topologique et recalcule sa table de routage.
- Le défit : garantir la cohérence des informations des routeurs.

Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine
Dr A. DJEFFAL
Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP

- Si la distribution des paquets de mise à jour ne s'effectue pas correctement, on peut avoir des routes non valides.
- Exemple



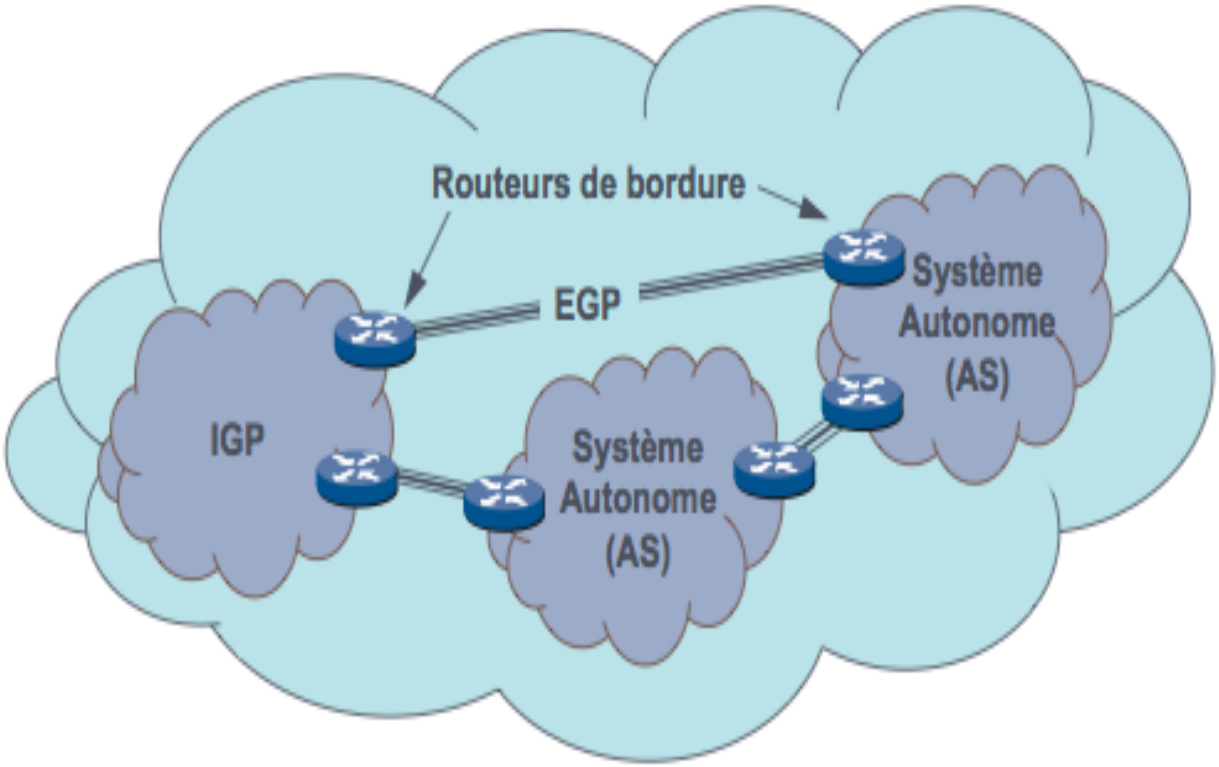
Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine
Dr A. DJEFFAL
Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP

Vecteur de distance	État des liens
Vue de la topologie du réseau dans la perspective du voisin	Vue commune de toute la topologie du réseau
Additionne les vecteurs de distance d'un routeur à l'autre	Calcule le chemin le plus court au autres routeurs
Mises à jour périodiques fréquentes : convergence lente	Mise à jour déclenchée par évènement : convergence plus rapide
Copie des tables de routage passées aux routeurs voisins	Les mises à jour de routage à état de liaison sont passées aux autres routeurs

Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine
Dr A. DJEFFAL
Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP

- Routage au moindre coût ⇒ diffusion d'informations ⇒ consomme de la bande passante
- Plus le réseau est grand, plus le trafic de mise à jour est conséquent, plus les tables de routage sont importantes et plus le calcul des routes consomme du temps CPU.
- Routage hiérarchique : découper le réseau en domaines appelés systèmes autonomes (AS, Autonomus System).
- Chaque domaine est identifié, les messages n'appartenant pas au domaine sont éliminés.

Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine
Dr A. DJEFFAL
Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP



Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine
Dr A. DJEFFAL
Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP

Découpage ⇒ deux familles de protocoles de routage :

- Protocoles internes au domaine (IGP, Interior Gateway Protocol) : qui assurent le routage dans le domaine, mais ignorent les nœuds des autres domaines.
- Protocoles externes au domaine (EGP, External Gateway Protocol), qui gèrent l'échange d'information entre domaines afin de découvrir la connectivité de chaque domaine.

Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine
Dr A. DJEFFAL
Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP

- Chaque domaine est représenté et connu du reste du réseau par un nœud, dit routeur de bordure,
- Le routeur de bordure supporte à la fois EGP et IGP.
- Chaque domaine est autonome et peut mettre en œuvre un protocole de routage interne différent.

Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine
Dr A. DJEFFAL
Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP

- RIP(Routing Information Protocol),du type vecteur distance, premier protocole interne. Utilisé dans Internet.
- OSPF (Open Short Path First) protocole interne à état des liens utilisés dans Internet. Pour éviter l'inondation, les informations d'état sont diffusées sur une adresse de multicast réservée à OSPF.
- IS-IS (Intermediate System to Intermediate System) : protocole de routage interne de l'ISO . C'est un protocole à état des liens.

Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine
Dr A. DJEFFAL
Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP

- IGRP (Interior Gateway Routing Protocol) protocole propriétaire de la société Cisco du type vecteur distance. Cependant, IGRP utilise une métrique construite qui prend en compte le délai d'acheminement, le débit, la fiabilité, la charge du réseau et le MTU (Maximum Transfer Unit).
- EGP (Exterior Gateway Protocol) a été le premier protocole externe utilisé dans Internet.
- BGP (Border Gateway Protocol) protocole qui définit les échanges à l'intérieur du domaine (iBGP) et entre systèmes de bordure (eBGP).

Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine
Dr A. DJEFFAL
Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP

- IGRP (Interior Gateway Routing Protocol) protocole propriétaire de la société Cisco du type vecteur distance. Cependant, IGRP utilise une métrique construite qui prend en compte le délai d'acheminement, le débit, la fiabilité, la charge du réseau et le MTU (Maximum Transfer Unit).
- EGP (Exterior Gateway Protocol) a été le premier protocole externe utilisé dans Internet.
- BGP (Border Gateway Protocol) protocole qui définit les échanges à l'intérieur du domaine (iBGP) et entre systèmes de bordure (eBGP).

Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine
Dr A. DJEFFAL
Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP

- Les environnements mobiles offrent aujourd'hui une grande flexibilité d'emploi.
- En particulier, ils permettent la mise en réseau des sites dont le câblage serait trop onéreux à réaliser dans leur totalité, voire même impossible.
- Plusieurs systèmes utilisent déjà le modèle cellulaire de réseaux sans fil, et connaissent une très forte expansion à l'heure actuelle tel que l'exemple des réseaux GSM.
- Les applications des réseaux ad-hoc sont nombreuses, on cite l'exemple classique de leur application dans le domaine militaire et les autres applications de tactique comme les opérations de secours et les missions d'exploration.

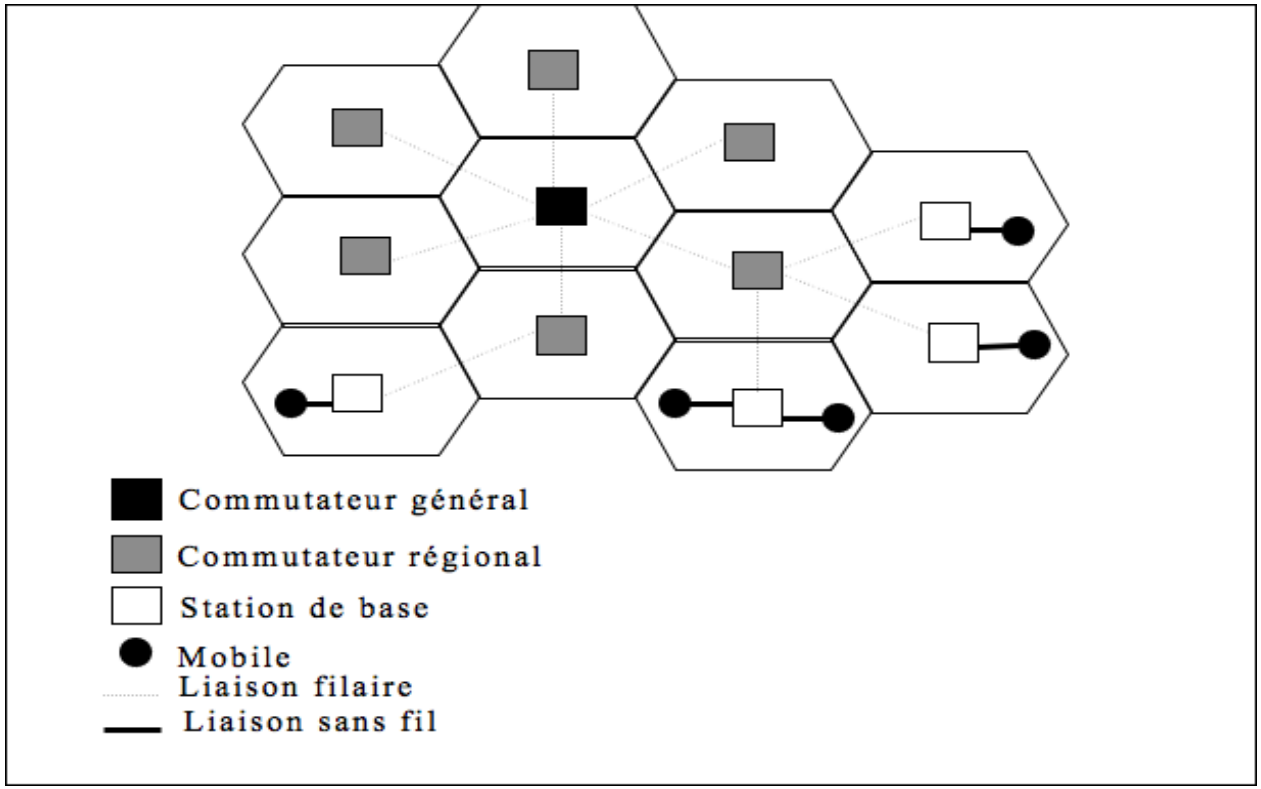
Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine
Dr A. DJEFFAL
Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP

- Les entités mobiles quelque soit leur type et leur puissance sont caractérisés par :
  - une petite taille,
  - une durée de vie des batteries limitée,
  - risque de perte, vol, accident,...
- Le médium sans fil, aussi, est caractérisé par :
  - une faible largeur de bande passante,
  - des déconnexions fréquentes mais prévisibles,
  - une diffusion naturelle dans chaque cellule.
- En pratique, il existe aujourd'hui deux grands types e réseaux supportant la mobilité :
  1. les réseaux à base d'infrastructure tel que les réseaux cellulaires
  2. et les réseaux sans infrastructure appelés aussi réseaux mobiles ad-hoc.

Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine
Dr A. DJEFFAL
Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP

- La surface couverte par un tel réseau est divisée en sous-surfaces, disposant chacune d'une station fixe MSS (Mobile Service Station) gérant les communications sans fil à l'intérieur de cette zone.
- Ces sous-surfaces de forme circonférencielle (360°), et de superficie limitée par la portée d'émission et de réception des MSSs et des téléphones, sont appelées cellules.
- La gestion des déplacements des téléphones entre les cellules est sous la responsabilité du réseau, elle est assurée par des commutateurs généraux et régionaux.

Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine
Dr A. DJEFFAL
Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP



Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine
Dr A. DJEFFAL
Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP

Divers problèmes sont apparus lors de l'implémentation de ce schéma, entre autres :

- l'allocation des canaux de communication aux mobiles,
- le basculement des mobiles entre les cellules de communications (Hand-off),
- la localisation des mobiles,... etc.

Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine
Dr A. DJEFFAL
Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP

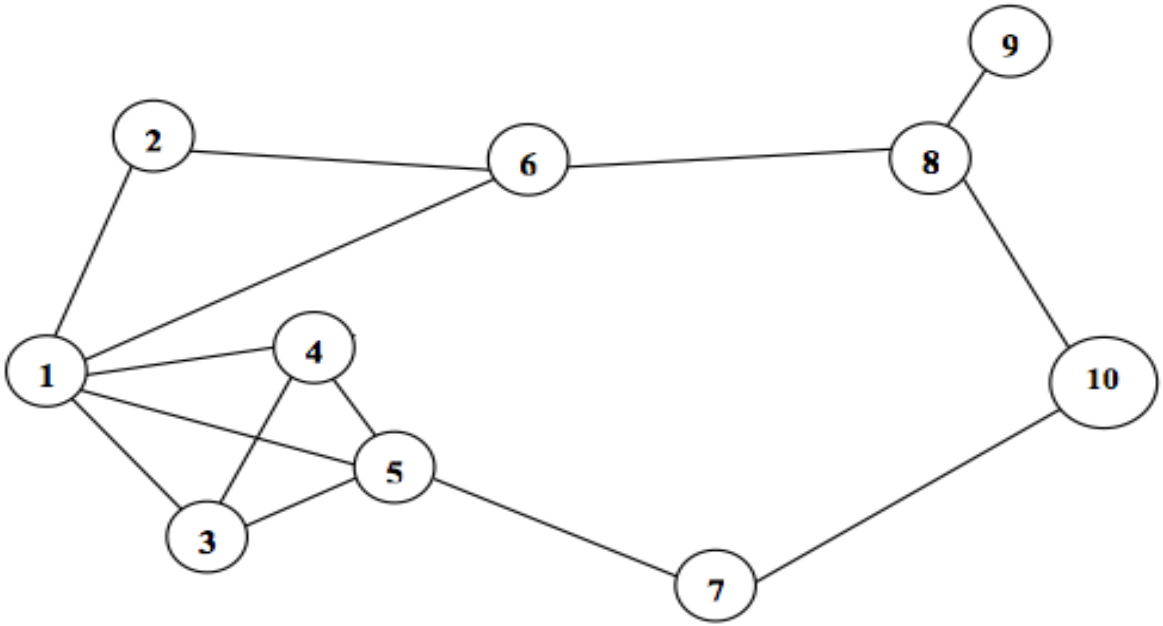
- Un réseau mobile ad-hoc, appelé généralement MANET (Mobile Ad-hoc NETwork), consiste en une grande population, relativement dense, d'unités mobiles qui se déplacent dans un territoire quelconque et dont le seul moyen de communication est l'utilisation des interfaces sans fil, sans l'aide d'une infrastructure préexistante ou administration centralisée.

Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine
Dr A. DJEFFAL
Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP

- Le concept des réseaux mobiles ad-hoc essaie d'étendre les notions de la mobilité à toutes les composantes de l'environnement. Ici, contrairement aux réseaux basés sur la communication cellulaire :
  - Aucune administration centralisée n'est disponible. Ce sont les hôtes mobiles eux-mêmes qui forment, d'une manière ad-hoc, une infrastructure du réseau.
  - Aucune supposition ou limitation n'est faite sur la taille du réseau ad-hoc, le réseau peut contenir des centaines ou des milliers d'unités mobiles.
- Les réseaux ad-hoc sont idéals pour les applications caractérisées par une absence (ou la non-fiabilité) d'une infrastructure préexistante, tel que les applications militaires et les autres applications de tactique comme les opérations de secours (incendies, tremblement de terre..) et les missions d'exploration.

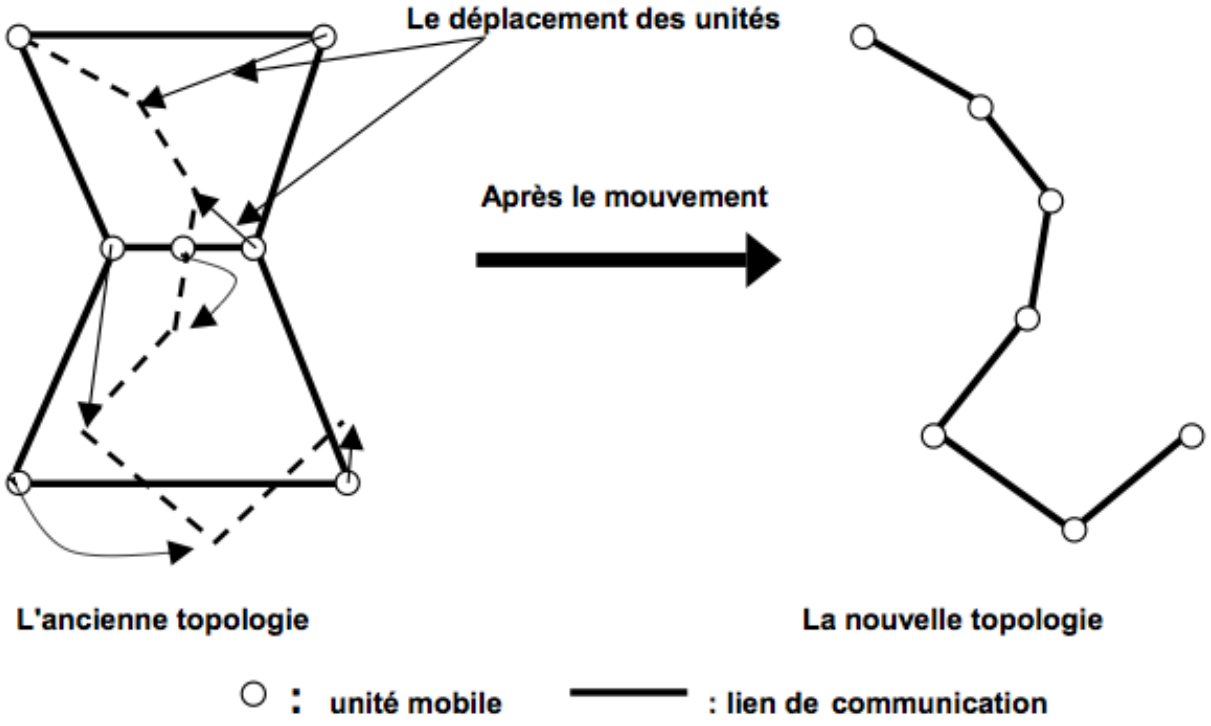
Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine
Dr A. DJEFFAL
Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP

- Un réseau ad-hoc peut être modélisé par un graphe $G_t = (V_t, E_t)$. Où : V_t représente l'ensemble des nœuds (i.e. les unités ou les ho ?tes mobiles) du réseau et E_t modélise l'ensemble les connections qui existent entre ces nœuds.
- Si $e = (u, v) \in E_t$, cela veut dire que les nœuds u et v sont en mesure de communiquer directement à l'instant t.



Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine
Dr A. DJEFFAL
Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP

- La topologie du réseau peut changer à tout moment, elle est donc dynamique et imprévisible ce qui fait que la déconnexion des unités soit très fréquente.



Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine
Dr A. DJEFFAL
Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP

- Le problème de routage dans ce type de réseaux passe premièrement par la localisation des mobiles.
- Pour qu'un mobile puisse envoyer un message à un autre mobile, il doit l'envoyer à la MSS (M) de la cellule où il se trouve, via la liaison sans fil.
- Cette MSS lance une recherche, dans le réseau, de la MSS (M') gérant la cellule où le mobile récepteur évolue actuellement.
- Une fois M' trouvée le message lui est transmis via le réseau statique, pour qu'elle le transmette au mobile récepteur via la liaison sans fil.
- L'envoie du message entre les deux MSS se fait par un protocole de routage classique, mais doit qui prendre en compte les hand-offs pour la mise à jour des tables de routage.

Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine
Dr A. DJEFFAL
Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP

- Pour pouvoir, donc, acheminer un message à un site mobile, il est indispensable de connaître sa position, c-à-d le localiser.
- En réalité, il existe plusieurs méthodes de localisation des mobiles , présentant chacune ses avantages et ses inconvénients.
  - **Méthode Search :** consiste à chercher le mobile dans le réseau entier, c-à-d envoyer une demande de localisation à toutes les MSS, et celle gérant la cellule où le mobile se trouve répond. le coût engendré par cette méthode dépend seulement du nombre des stations de base dans le réseau mobile.
  - **Méthode Inform :** Elle fait passer le message au mobile à travers son serveur habituel, qui est informé de façon permanente de ses mouvements. Le coût dans cette méthode dépend du nombre des mouvements intercellulaires faits par le mobile.

Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine
Dr A. DJEFFAL
Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP

- Pour pouvoir, donc, acheminer un message à un site mobile, il est indispensable de connaître sa position, c-à-d le localiser.
- En réalité, il existe plusieurs méthodes de localisation des mobiles , présentant chacune ses avantages et ses inconvénients.
  - **Méthode combinée :** Les deux méthodes Search et Inform peuvent être combiné de façon à ce que le mobile informe son serveur de sa position à chaque intervalle de temps, ou après un certain nombre de mouvements, et est ensuite recherché dans le voisinage de sa dernière position connue. Évidement, le mobile n'est recherché que s'il n'est pas trouvé dans sa dernière position connue

Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine
Dr A. DJEFFAL
Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP

- Pour pouvoir, donc, acheminer un message à un site mobile, il est indispensable de connaître sa position, c-à-d le localiser.
- En réalité, il existe plusieurs méthodes de localisation des mobiles , présentant chacune ses avantages et ses inconvénients.
  - **Autres méthodes :** Dans le cas de concentration d'un grand nombre de mobiles dans un petit area, les serveurs de localité dans cet area peuvent être surchargés voir engorgés par les messages de localisation. Pour palier à ce problème, une méthode dynamique de localisation est proposée, dans laquelle, l'information sur la localité d'un mobile est dupliquée dans un ensemble de serveurs (MSS), qui varient en fonctions de la localité du mobile, pour distribuer la charge de localisation sur tous le réseau.

Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine
Dr A. DJEFFAL
Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP

- Pour pouvoir, donc, acheminer un message à un site mobile, il est indispensable de connaître sa position, c-à-d le localiser.
- En réalité, il existe plusieurs méthodes de localisation des mobiles , présentant chacune ses avantages et ses inconvénients.
  - Le choix entre ces méthodes nécessite une étude du comportement général des mobiles, par exemples, la méthode search est moins coûteuse que la méthode Inform pour les mobiles qui se déplacent beaucoup, et vice versa. La méthode dynamique est efficace pour les cas de concentration des mobiles dans des zones spécifiques.

Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine

Dr A. DJEFFAL

Introduction

Fonctions

Commutation

Adressage & nommage

Routage

Routage dans les réseaux ad-hoc

Protocole IP

- Suivant la manière de création et de maintenance des routes lors de l'acheminement des données, les protocoles de routage peuvent être séparés en deux catégories, les protocoles pro-actifs et les protocoles réactifs.
- Les protocoles pro-actifs établissent les routes à l'avance en se basant sur l'échange périodique des tables de routage,
- alors que les protocoles réactifs cherchent les routes à la demande.

Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine
Dr A. DJEFFAL
Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP

- Les protocoles de routage pro-actifs pour les réseaux mobiles ad-hoc, sont basé sur la même philosophie des protocoles de routage utilisés dans les réseaux filaires conventionnels.
- Les deux principales méthodes utilisées sont :
  - La méthode Etat de Lien (”Link State”) et
  - La méthode du Vecteur de Distance (”Distance Vector”).
- Les deux méthodes exigent une mise à jour périodique des données de routage qui doit être diffusée par les différents nœuds de routage du réseau.
- Parmi les principaux protocoles de cette classe on trouve :

Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine
Dr A. DJEFFAL
Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP

- Le protocole DSDV (Destination-Sequenced Distance Vector routing) est caractérisé par :
  - Basé sur l'algorithme Bellman-Ford en rajoutant quelques améliorations.
  - Chaque station mobile maintient une table de routage qui contient :
    - Toutes les destinations possibles.
    - Le nombre de nœud (ou de sauts) nécessaire pour atteindre la destination.
    - Le numéro de séquences (SN :sequence number) qui correspond à un nœud destination.
  - Le NS est utilisé pour faire la distinction entre les anciennes et les nouvelles routes, ce qui évite la formation des boucles de routage.

Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine
Dr A. DJEFFAL
Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP

- La mise à jour dépend donc de deux paramètres : Le temps, c'est à dire la période de transmission, et Les événements
- Un paquet de mise à jour contient :
  1. Le nouveau numéro de séquence incrémenté, du nœud émetteur.
  2. Et pour chaque nouvelle route :
     1. L'adresse de la destination.
     2. Le nombre de nœuds (ou de sauts) séparant le nœud de la destination.
     3. Le numéro de séquence (des données reçues de la destination) tel qu'il a été estampillé par la destination.

Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine
Dr A. DJEFFAL
Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP

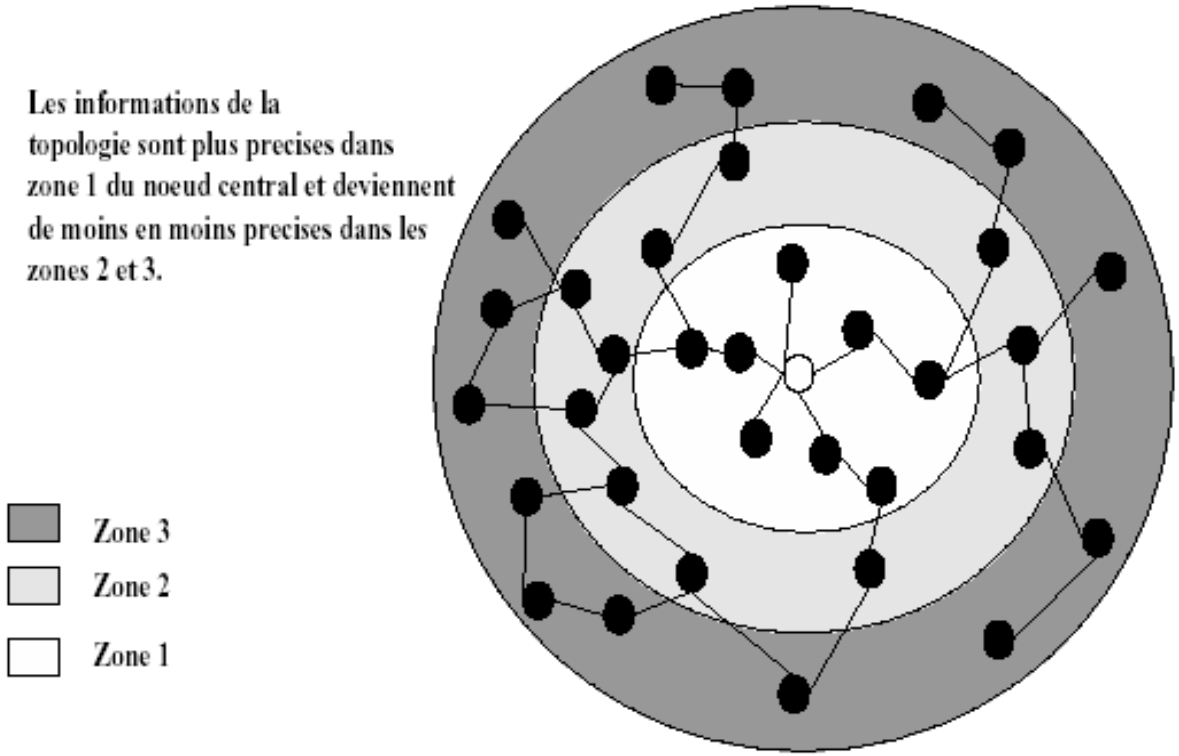
- Le DSDV élimine les deux problèmes de boucle de routage "routing loop", et celui du "counting to infinity".
- Cependant, une unité mobile doit attendre jusqu'à ce qu'elle reçoive la prochaine mise à jour initiée par la destination, afin de mettre à jour l'entrée associée à cette destination, dans la table de distance. Ce qui fait que le DSDV est lent.
- Le DSDV utilise une mise à jour périodique et basée sur les événements, ce qui cause un contrôle excessif dans la communication.

Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine
Dr A. DJEFFAL
Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP

- Le protocole FSR (Fisheye State Routing) est basé sur l'utilisation de la technique "œil de poisson" (fisheye), proposée par Kleinrock et Stevens, qui l'ont utilisé dans le but de réduire le volume d'information nécessaire pour représenter les données graphiques.
- Dans la pratique, l'œil d'un poisson capture avec précision, les points proches du point focal. La précision diminue quand la distance, séparant le point vu et le point focal, augmente.

Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine
Dr A. DJEFFAL
Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP

Les informations de la topologie sont plus precises dans zone 1 du noeud central et deviennent de moins en moins precises dans les zones 2 et 3.



Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine
Dr A. DJEFFAL
Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP

- Dans le contexte du routage, l'approche du "fisheye" matérialise, pour un nœud, le maintien des données concernant la précision de la distance et la qualité du chemin d'un voisin direct, avec une diminution progressive, du détail et de précision, quand la distance augmente.
- La diminution de fréquence est assurée en changeant les fréquences de mise à jour, et cela en utilisant des périodes d'échanges différentes pour les différentes entrées de la table de routage.
- Les entrées qui correspondent aux nœuds les plus proches, sont envoyés aux voisins avec une fréquence élevée (donc avec une période d'échange relativement petite).

Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine

Dr A. DJEFFAL

Introduction

Fonctions

Commutation

Adressage & nommage

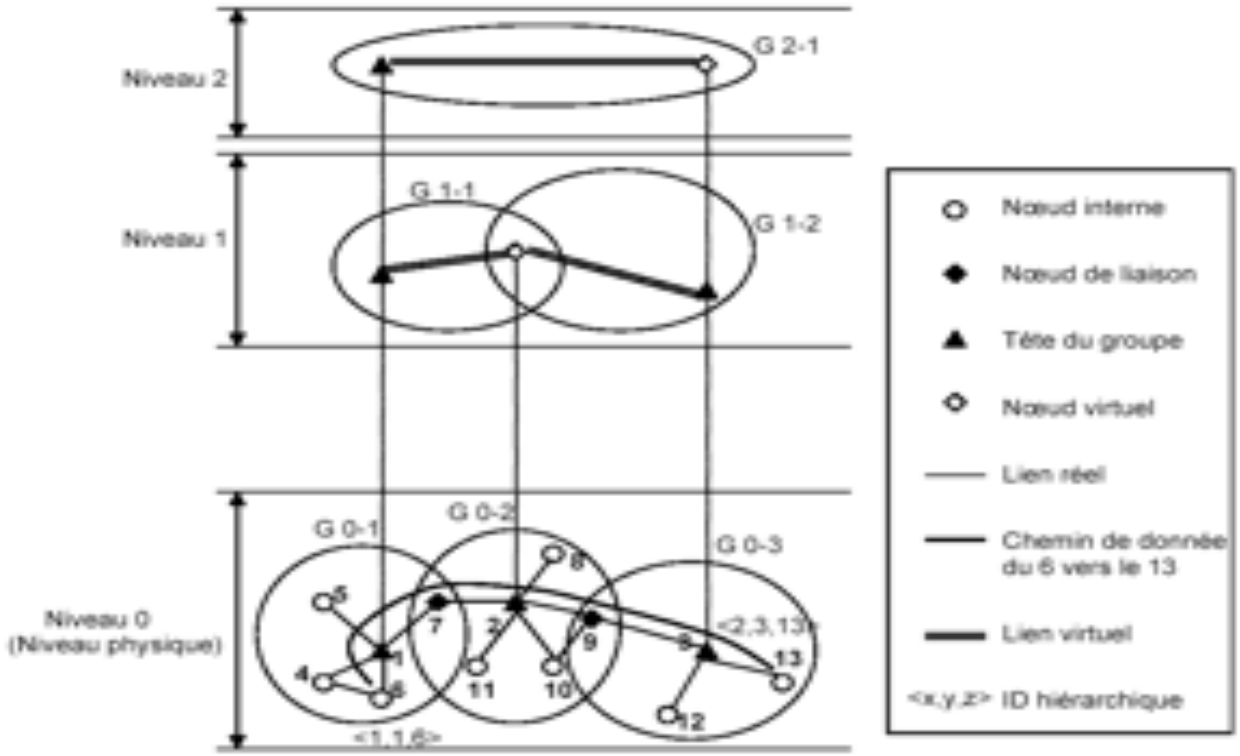
Routage

Routage dans les réseaux ad-hoc

Protocole IP

- Le protocle HSR ((Hierarchical State Routing)) combine les notions de groupes dynamiques, niveaux hiérarchiques avec une gestion efficace de localisation.
- Dans le HSR, l'image de la topologie du réseau, est sauvegardée sous forme hiérarchique.
- Le réseau est partitioné en un ensemble de groupes.
- Dans un groupe, un nœud doit être élu pour représenter le reste des membres.
- Les représentants des groupes dans un niveau l, deviennent des membres dans le niveau l+1.
- Ces nouveaux membres, s'organisent en un ensemble de groupes de la même manière du niveau bas, et ainsi de suite pour le reste des niveaux.

Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine
Dr A. DJEFFAL
Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP



Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine
Dr A. DJEFFAL
Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP

- L'adresse hiérarchique, suffit pour délivrer les paquets de données à une destination, indépendamment de la localisation de la source, et cela en utilisant la table HSR.
- Exemple : $< 1, 1, 7 >$ est une adresse du nœud de liaison d'ID 7.
- Exemple : l'acheminement des données entre le nœud 6 et le nœud 3.

Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine

Dr A. DJEFFAL

Introduction

Fonctions

Commutation

Adressage & nommage

Routage

Routage dans les réseaux ad-hoc

Protocole IP

- Prenons comme exemple le nœud 6 comme source, et le nœud 13 comme destination.
- Les adresses de ces nœuds sont respectivement : HID(6) $= < 1, 1, 6 >$ et HID(13) $= < 2, 3, 13 >$.
- Pour acheminer une information du nœud 6 vers le nœud 13, le nœud 6 envoie l'information au nœud supérieur, qui le suit hiérarchiquement, i.e. le nœud d'ID 1.
- Le nœud 1 délivre l'information au nœud 3 qui suit le nœud destination dans l'ordre hiérarchique.
- Un "lien virtuel" existe entre les nœuds 1 et 3, matérialisé par le chemin (1,7,2,9,3).
- Par conséquent, l'information suivra ce chemin pour atteindre la destination.
- Dans la dernière étape, le nœud 3 délivre l'information au nœud 13 en suivant le chemin hiérarchique qui le relie à la destination (dans notre cas, ce chemin se réduit en un seul

Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine

Dr A. DJEFFAL

Introduction

Fonctions

Commutation

Adressage & nommage

Routage

Routage dans les réseaux ad-hoc

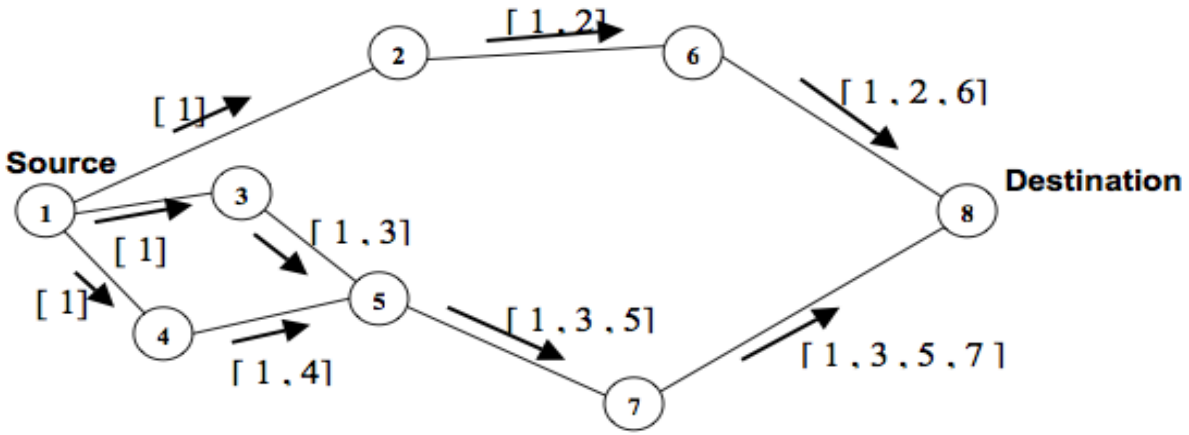
Protocole IP

- Les protocoles de routage appartenant à cette catégorie, créent et maintiennent les routes selon les besoins.
- Lorsque le réseau a besoin d'une route, une procédure de découverte globale de routes est lancée, et cela dans le but d'obtenir une information spécifiée, inconnue au préalable.
- La majorité des algorithmes utilisés sont basé sur le mécanisme d'apprentissage en arrière (backward learning).
- On trouve par exemple dans cette classe :

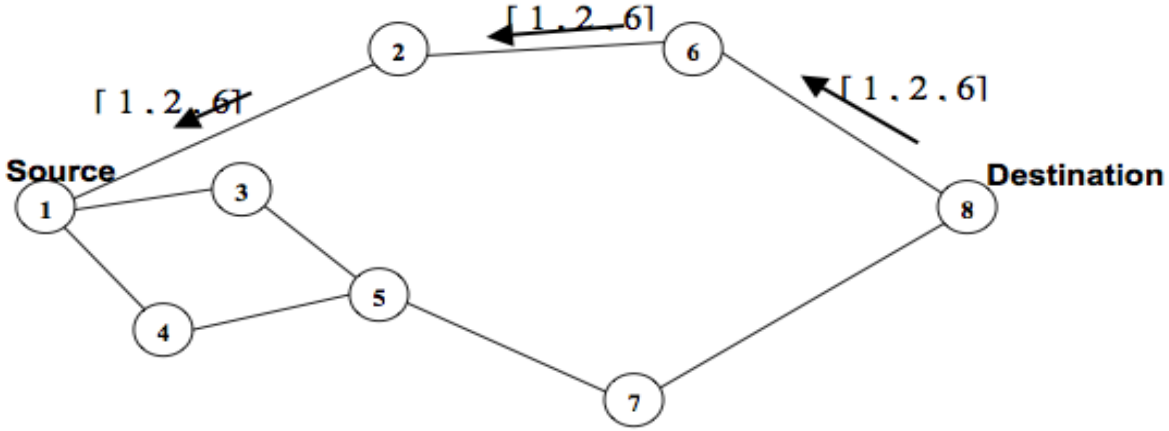
Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine
Dr A. DJEFFAL
Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP

- Le protocole "Routage à Source Dynamique" (DSR), est basé sur l'utilisation de la technique "routage source".
- La source des données détermine la séquence complète des nœuds à travers lesquelles, les paquets de données seront envoyés.
- Un site initiateur de l'opération de « découverte de routes », diffuse un paquet requête de route.
- Si l'opération de découverte est réussite, l'initiateur reçoit un paquet réponse de route qui liste la séquence de nœuds à travers lesquels la destination peut être atteinte.
- Le paquet requête de route contient donc un champ enregistrement de route, dans lequel sera accumulée la séquence des nœuds visités durant la propagation de la requête dans le réseau

Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine
Dr A. DJEFFAL
Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP



(a) Construction de l'*enregistrement de route*.



(b) Le renvoi du chemin.

Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine

Dr A. DJEFFAL

Introduction

Fonctions

Commutation

Adressage & nommage

Routage

Routage dans les réseaux ad-hoc

Protocole IP

- Afin d'assurer la validité des chemins utilisés, le DSR exécute une procédure de maintenance de routes :
  - Quand un nœud détecte un problème fatal de transmission, à l'aide de sa couche de liaison, un message erreur de route (route error) est envoyé à l'émetteur original du paquet.
  - Le message d'erreur contient l'adresse du nœud qui a détecté l'erreur et celle du nœud qui le suit dans le chemin.
  - Lors de la réception du paquet erreur de route par l'hôte source, le nœud concerné par l'erreur est supprimé du chemin sauvegardé, et tous les chemins qui contiennent ce nœud sont tronqués à ce point là.
  - Par la suite, une nouvelle opération de découverte de routes vers la destination, est initiée par l'émetteur.
  - L'utilisation de la technique "routage source", fait que les nœuds de transit n'aient pas besoin de maintenir les informations de mise à jour pour envoyer les paquets de données, puisque ces derniers contiennent toutes les décisions de routage.

Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine
Dr A. DJEFFAL
Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP

- Dans ce protocole, il y a une absence totale de boucle de routage, car le chemin source-destination fait partie des paquets de données envoyés.

Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine
Dr A. DJEFFAL
Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP

- Le protocole TORA (Temporally-Ordered Routing Algorithm) a été conçu principalement pour minimiser l'effet des changements de la topologie qui sont fréquents dans les réseaux ad hoc.
- Afin de s'adapter à la mobilité des réseaux ad hoc, le protocole stocke plusieurs chemins vers une même destination, ce qui fait que beaucoup de changements de topologie n'auront pas d'effets sur le routage des données, à moins que tous les chemins qui mènent vers la destination seront perdus (rompus).
- TORA est caractérisé essentiellement par le fait que les messages de contrôle sont limités à l'ensemble des nœuds proches du lieu de l'occurrence du changement de la topologie.

Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine

Dr A. DJEFFAL

Introduction

Fonctions

Commutation

Adressage & nommage

Routage

Routage dans les réseaux ad-hoc

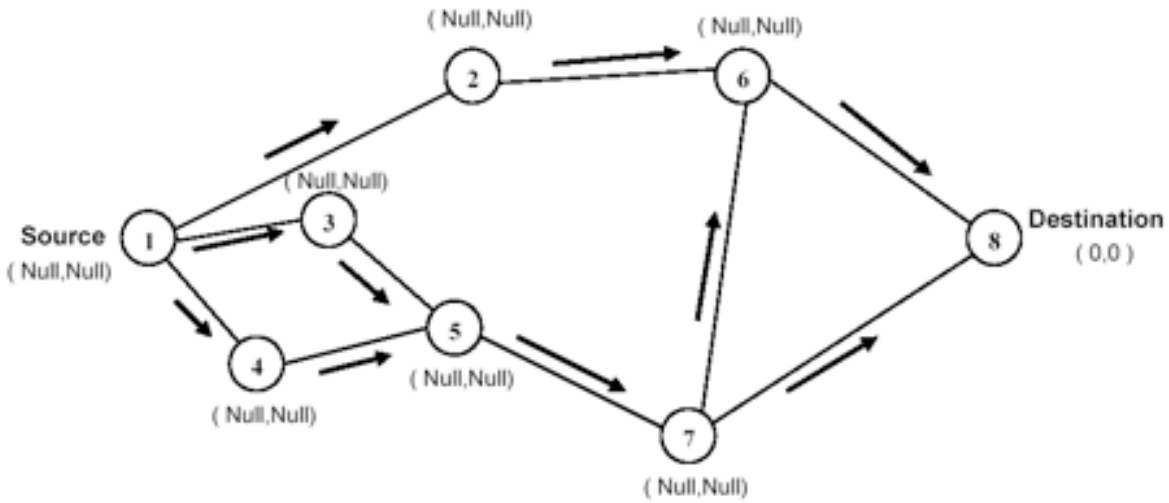
Protocole IP

- Dans ce protocole, l'utilisation des meilleurs chemins a une importance secondaire, les longs chemins peuvent être utilisés afin d'éviter le contrôle induit par le processus de découverte de nouveaux chemins.
- TORA est basé sur l'utilisation de la propriété appelée "orientation destination" des graphes acycliques orientés. Un graphe acyclique orienté (DAG) est orienté destination s'il y a toujours un chemin possible vers une destination spécifiée.
- Le graphe devient non orienté destination, si un lien (ou plus) devient défaillant. Dans ce cas, les algorithmes utilisent le concept d'inversement de liens.
- Ce concept assure la transformation du graphe précédent, en un graphe orienté destination durant un temps fini.

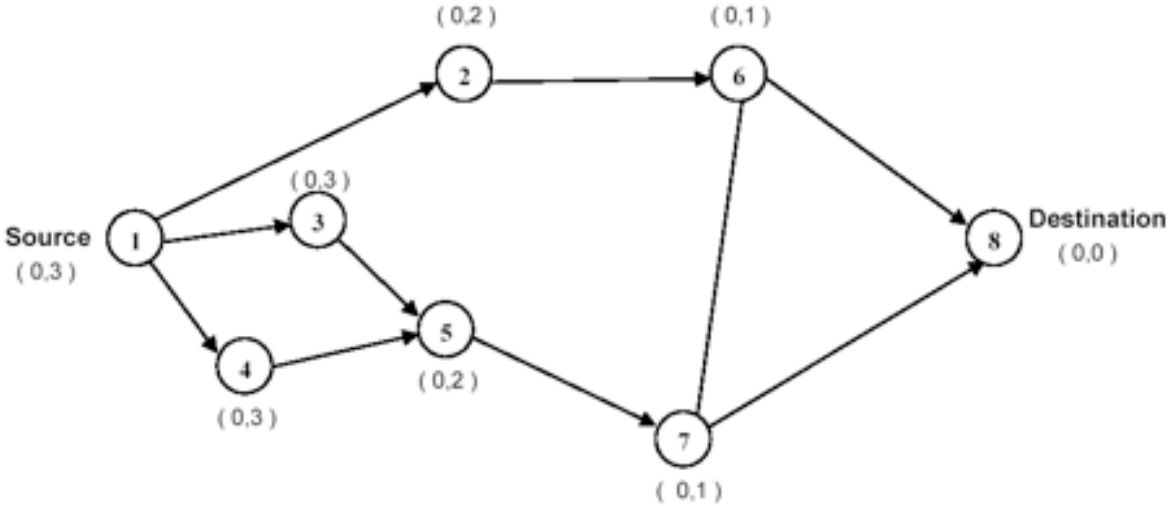
Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine
Dr A. DJEFFAL
Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP

- Afin de maintenir le DAG orienté destination, l'algorithme TORA utilise la notion de taille de nœud. Chaque nœud possède une taille qui l'échange avec l'ensemble de ses voisins directs.
- Un lien est toujours orienté du nœud qui a la plus grande taille, vers le nœud qui la plus petite taille.

Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine
Dr A. DJEFFAL
Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP



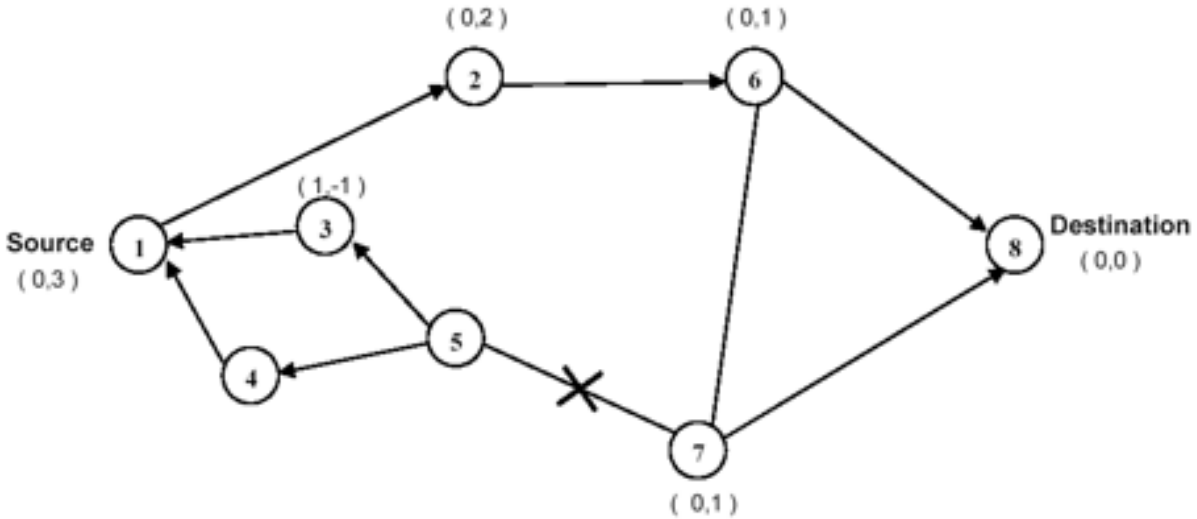
(a) La propagation du paquet QRY



(b) Les tailles des nœuds après la réception du paquet UPD

Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine
Dr A. DJEFFAL
Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP

- Quand un nœud i détecte une défaillance, i.e. invalidité d'un lien (sachant qu'il ne possède pas de suivants valides vers la destination), il lance un nouveau niveau de référence.
- L'objectif du nouveau niveau de référence est d'indiquer à la source l'invalidité des chemins rompus.



Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine

Dr A. DJEFFAL

Introduction

Fonctions

Commutation

Adressage & nommage

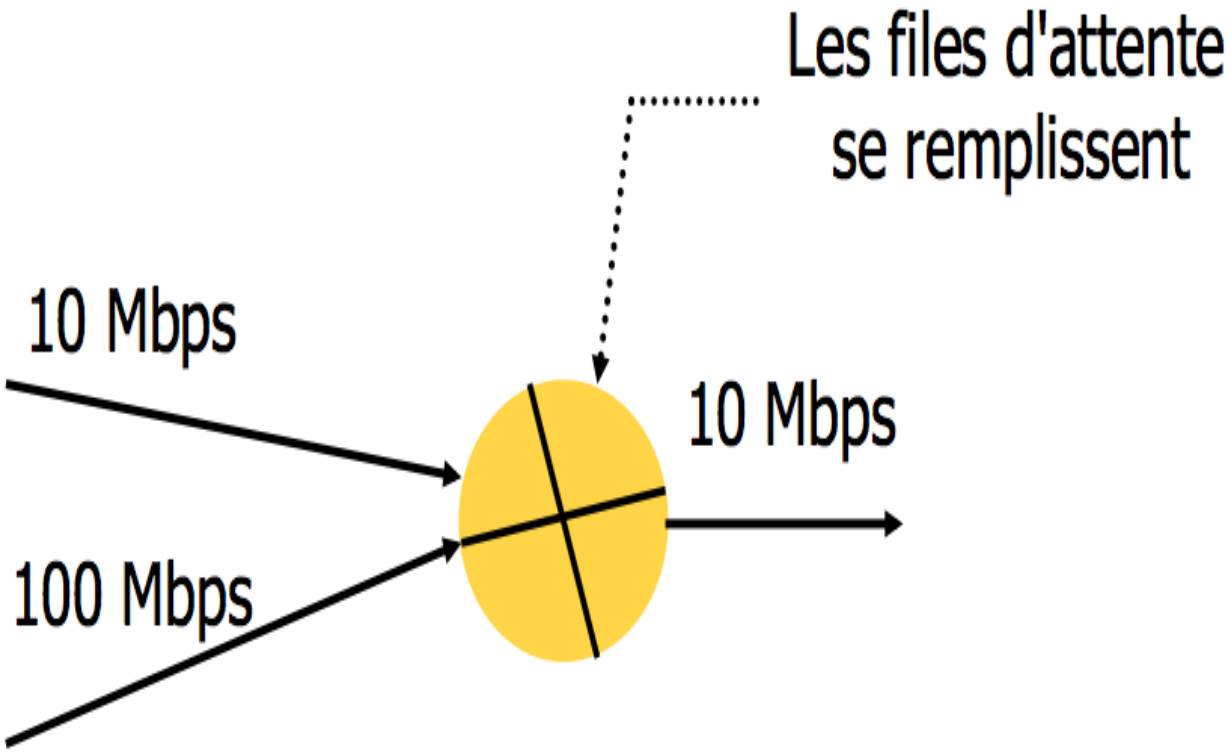
Routage

Routage dans les réseaux ad-hoc

Protocole IP

- Routeurs possèdent des files d'attente finies, si le trafic augmente, les files se remplissent et le temps d'attente avant traitement augmente et le débit global du réseau diminue.
- Si les paquets retardés ne sont pas acquittés à temps, ils sont retransmis par leur émetteurs $\Rightarrow$ le trafic augmente d'autant plus, les files d'attente débordent et le réseaux finit par s'effondre.
- Phénomène de **congestion**, il est du généralement à une sur-injection de paquets dans le réseaux, à la différence des capacités de traitement des routeurs ou à l'émission des paquets en rafales.

Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine
Dr A. DJEFFAL
Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP



Contrôle de congestion
Solution préventive

Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine
Dr A. DJEFFAL
Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP

- Essaye d'empêcher le problème de se produire.
- La congestion résulte d'un trafic à écouler supérieur aux capacités du réseau,
- La solution la plus simple consiste à ne pas admettre, dans le réseau, plus de trafic

Contrôle de congestion
Solution préventive

Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine
Dr A. DJEFFAL
Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP

- Essaye d'empêcher le problème de se produire.
- La congestion résulte d'un trafic à écouler supérieur aux capacités du réseau,
- La solution la plus simple consiste à ne pas admettre, dans le réseau, plus de trafic que celui-ci est capable d'assimiler.
- Plusieurs solutions sont envisageables :

Contrôle de congestion
Solution préventive (Contrôle de flux)

Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine
Dr A. DJEFFAL
Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP

- Asservir le débit des sources sur les capacités de traitement de chacun des nœuds,
- Limiter la longueur des files d'attente dans les nœuds intermédiaires,
- Le contrôle de flux participe à la prévention de la congestion.

Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine
Dr A. DJEFFAL
Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP

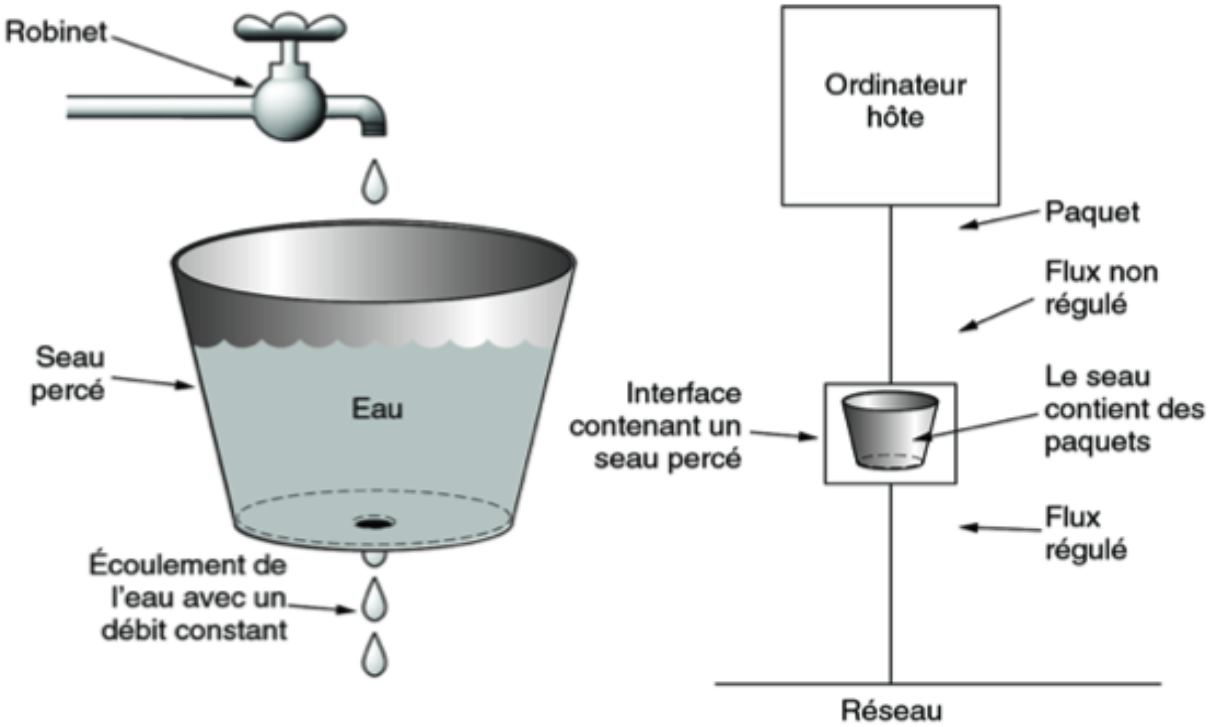
- Le contrôle d'admission est assurée par le nœud d'entrée au réseau.
- L'émetteur spécifie, à la connexion, la nature du trafic qu'il va acheminer dans le réseaux, trois zones peuvent être définies :
  1. Zone garantie : correspond au trafic toujours acheminé
  2. Zone de tolérance : correspond au trafic acheminé mais marqué, en cas de congestion, il est éliminé
  3. Zone hors contrat : correspond au trafic excédentaire, éliminé et jamais acheminé par le réseau.
- On interdit alors le trafic supérieur à la capacité de transit du réseaux.

Contrôle de congestion
Solution préventive (Lissage du trafic)

Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine
Dr A. DJEFFAL
Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP

- Même si chaque source respecte son contrat de service, la congestion peut résulter d'une simultanéité de soumission de rafales par les différentes sources.
- Pour éviter ce phénomène, on effectue, à l'entrée du réseau, un lissage du trafic (technique du seau percé, leaky bucket algorithm).
- Dans ce système, les données sont mises en file d'attente et délivrées régulièrement.

Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine
Dr A. DJEFFAL
Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP



Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine
Dr A. DJEFFAL
Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP

- Quels que soient les mécanismes de prévention utilisés, rien ne permet de garantir qu'un état de congestion ne peut apparaître.
- Plusieurs politiques peuvent être mises en œuvre pour réduire la congestion : ils visent tous à éliminer le trafic en excès. Ces solutions dérivent des principes suivants :
  - mettre en attente le trafic excédentaire dans une file d'attente de moindre priorité ;
  - identifier le trafic excédentaire (Cell Tagging) et l'éliminer en cas de congestion ;
  - éliminer tout le trafic ;
  - envoyer à la source ou aux sources responsables une demande de ralentissement.

Protocole IP
Généralités

Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine

Dr A. DJEFFAL

Introduction

Fonctions

Commutation

Adressage & nommage

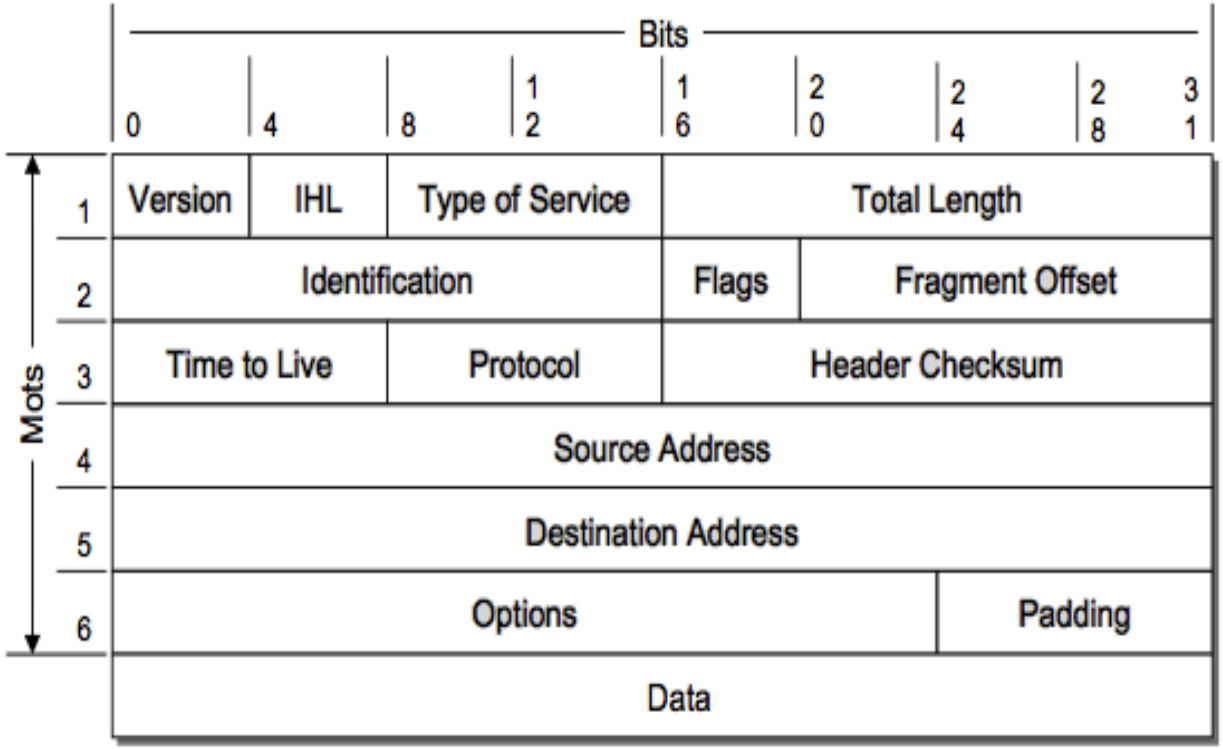
Routage

Routage dans les réseaux ad-hoc

Protocole IP

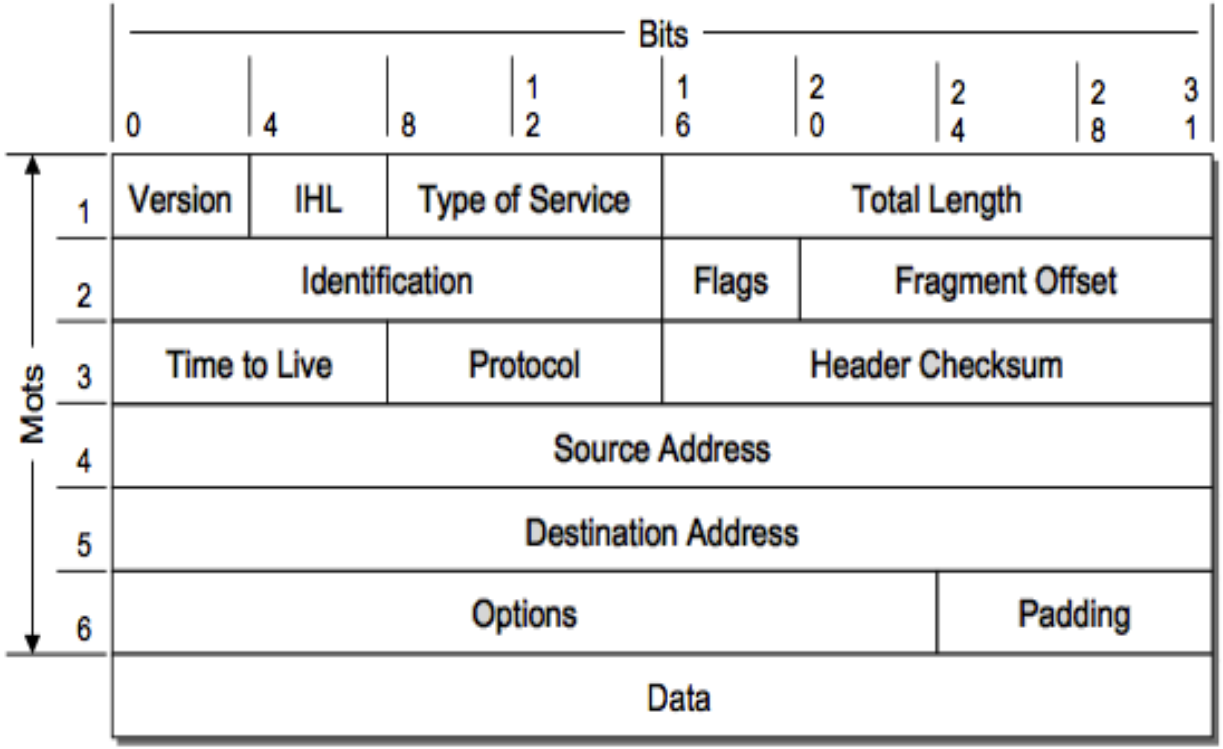
- Fait partie de la couche Internet de la suite de protocoles TCP/IP.
- Parmi les protocoles les plus importants d'Internet
- Permet l'élaboration et le transport des datagrammes IP (paquets), sans toutefois en assurer la livraison.
- Traite les datagrammes IP indépendamment les uns des autres en définissant leur représentation, leur routage et leur expédition.
- Détermine le destinataire d'un paquets grâce à trois informations disponible au niveau de chaque machine : (@IP, masque, @passerelle)

Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine
Dr A. DJEFFAL
Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP



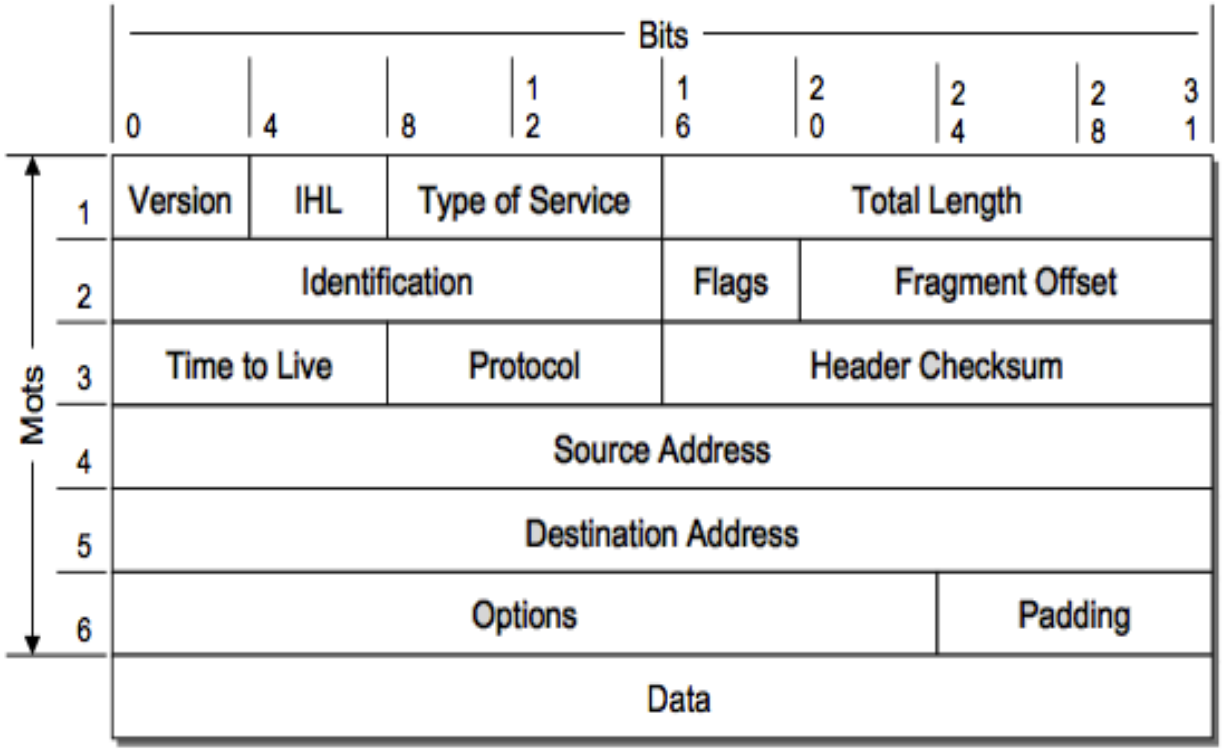
- Longueur d'en-tête e= 5 mots de 32 bits (20 octets) ; le sixième mot est facultatif.
- Internet Header Lenght (IHL - longueur de l'en-tête Internet) en mots.

Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine
Dr A. DJEFFAL
Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP



- Version (4 bits) indique le format de l'en-tête IP (IPv4 ou IPv6).
- Type of Service (TOS) informe les réseaux de la qualité de service désirée (Actuellement ignoré).

Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine
Dr A. DJEFFAL
Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP



- Total length : longueur en-tête + données (en octets).
- Time To Live TTL : durée max de vie d'un datagramme, décrémentée à chaque routeur. écarté si = 0.

Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine
Dr A. DJEFFAL
Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP

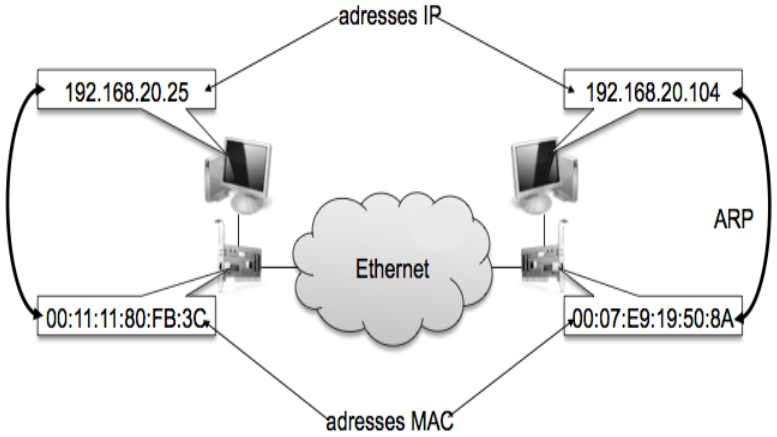
- RIP (Routing Information Protocol) : protocole de routage IP
- Type vecteur distance
- Basé sur l'algorithme de routage décentralisé Bellman-Ford.
- Utilise le nombre de sauts (hops) comme métrique de distance entre les machines.
- Chaque routeur diffuse sa table de routage à ses voisins toutes les 30 secondes.
- En recevant une table de routage d'un voisin, un routeur met à jour la sienne.

Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine
Dr A. DJEFFAL
Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP

- Le TTL max étant fixé à 16.
- Un routeur supprime une information de sa table si elles n'est pas confirmée pour 180 secondes.
- Il existe deux versions de RIP, la deuxième étant une amélioration de la première : RIPv1 et RIPv2.

Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine
Dr A. DJEFFAL
Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP

- En TCP/IP les interfaces du réseau sont modélisées par les adresses IP.
- Sur le réseau physique les trames utilisent les adresses "physiques" (adresses MAC).



Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine
Dr A. DJEFFAL
Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP

- ARP (Address Resolution Protocol) permet de déterminer dynamiquement l'adresse MAC à partir de l'adresse IP
- Pour déterminer @MAC de B, A envoie trame MAC de diffusion, appelée trame ARP de requête.
- La trame ARP contient @IP et MAC de A émetteur + @IP B.
- La trame ARP contient un champ destiné à contenir l'@ MAC de B.
- Tous les nœuds reçoivent la trame ARP.
- Seul B répond en encodant sa propre adresse matérielle dans une trame de réponse ARP.
- A initialise sa table cache ARP (conservée en mémoire) en utilisant la réponse de B.
- Le cache ARP est consulté par un hôte juste avant l'envoi d'une requête ARP ; si la réponse se trouve dans le cache, la requête n'est pas effectuée.

Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine
Dr A. DJEFFAL
Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP

- RARP (Reverse ARP) est un mécanisme utilisé par les stations sans disques (terminaux) pour obtenir leur adresse IP auprès d'un serveur distant.
- Le nœud qui veut connaître sa propre adresse envoie en diffusion une requête RARP.
- S'il existe plusieurs serveurs RARP, chacun d'eux tente de traiter la requête RARP.
- Généralement, le client RARP accepte la première réponse reçue et ignore silencieusement les suivantes.

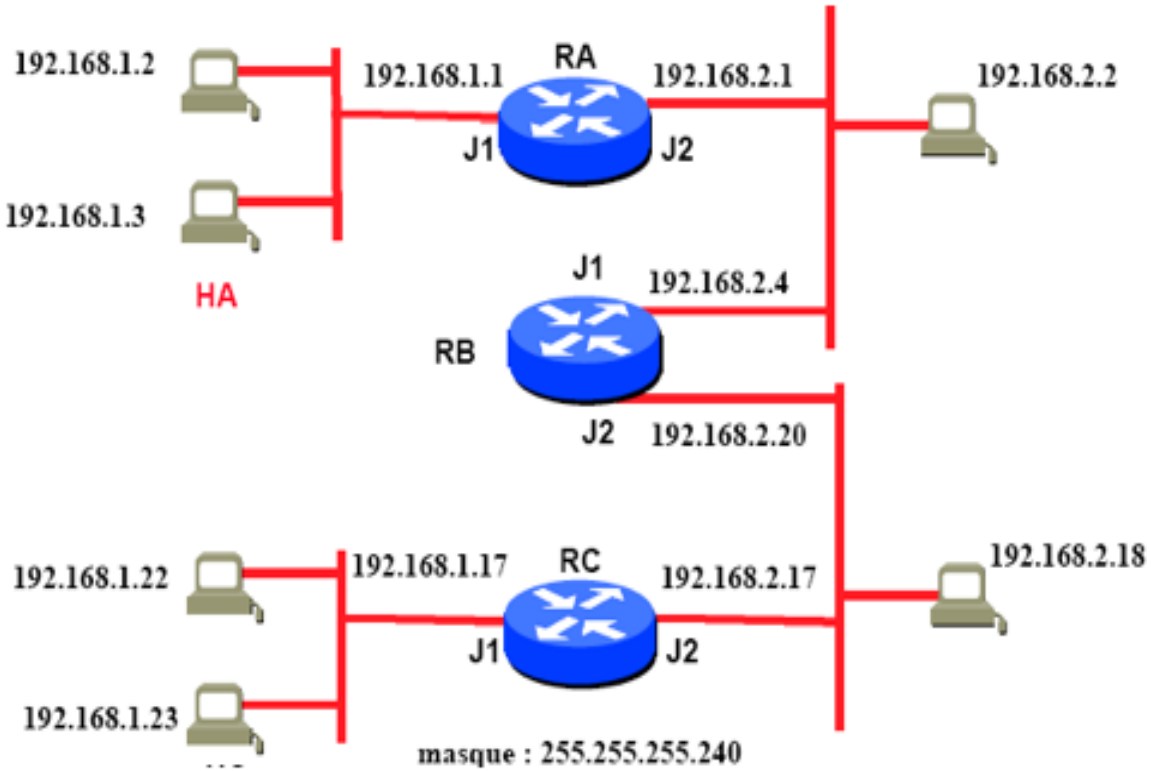
Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine
Dr A. DJEFFAL
Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP

- ICMP (Internet Control Message Protocol) envoie des messages qui réalisent des fonctions de contrôle, de détection des erreurs, et de transmission d'informations pour TCP/IP.
- Il existe 18 types de messages ICMP.
- La commande *traceroute*, par exemple, utilise également des messages ICMP ;
- Elle permet de connaître la route exacte empruntée par les datagrammes.
- traceroute envoie 3 paquets UDP avec un TTL égal à 1 puis recommence en augmentant le TTL de 1 à chaque envoi.
- A chaque fois que le TTL arrive à 0, le routeur renvoie un message ICMP d'erreur.

Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine
Dr A. DJEFFAL
Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP

- IGMP (Internet Group Management Protocol) permet aux machines de déclarer leur appartenance à un ou plusieurs groupes auprès du routeur multipoint dont elles dépendent.
- Celui-ci diffusera alors les datagrammes destinés à ce ou ces groupes.
- IGMP comprend essentiellement deux types de messages :
  - un message d'interrogation (Host Membership Query), utilisé par les routeurs, pour découvrir et/ou suivre l'existence de membres d'un groupe
  - un message de réponse (Host Membership Report), délivré en réponse au premier, par au moins un membre du groupe concerné.

Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine
Dr A. DJEFFAL
Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP



- Établir les tables de routages des routeurs RA, RB et RC après convergence, selon le routage RIP.

Cours Réseaux Informatiques 2
Routage intra et inter-domaine
Dr A. DJEFFAL
Introduction
Fonctions
Commutation
Adressage & nommage
Routage
Routage dans les réseaux ad-hoc
Protocole IP

TRA :

Destination	Interface	Distance
192.168.1.0	J1	0
192.168.1.16	J2	2
192.168.2.0	J2	0
192.168.2.16	J2	1

TRB

Destination	Interface	Distance
192.168.1.0	J1	1
192.168.1.16	J2	1
192.168.2.0	J1	0
192.168.2.16	J2	0

TRC :

Destination	Interface	Distance
192.168.1.0	J2	2
192.168.1.16	J1	0
192.168.2.0	J2	1
192.168.2.16	J2	0