



Master 2 RSD
Réseaux et Systèmes Distribués

QoS dans les
réseaux IP
(Partie 3)

Dr Souheila Bouam

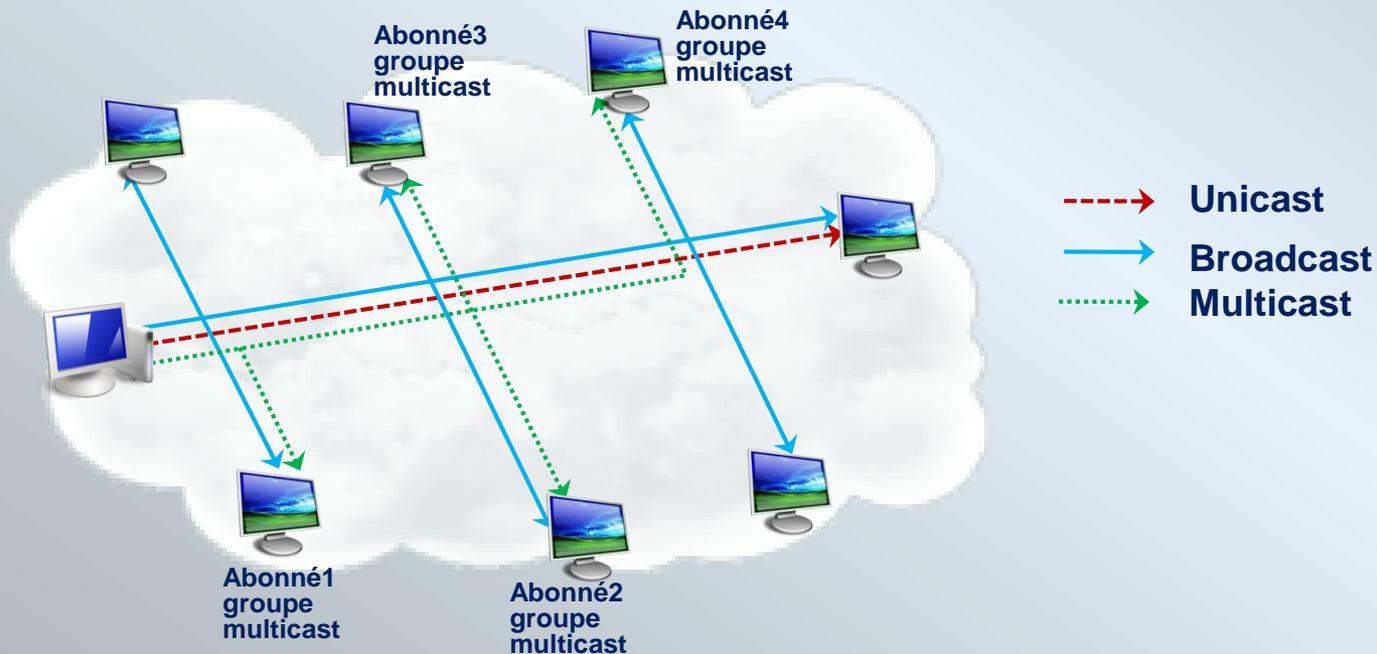
Maître de conférences A
Université Batna2
Département Informatique

Souheila.bouam@univ-batna2.dz

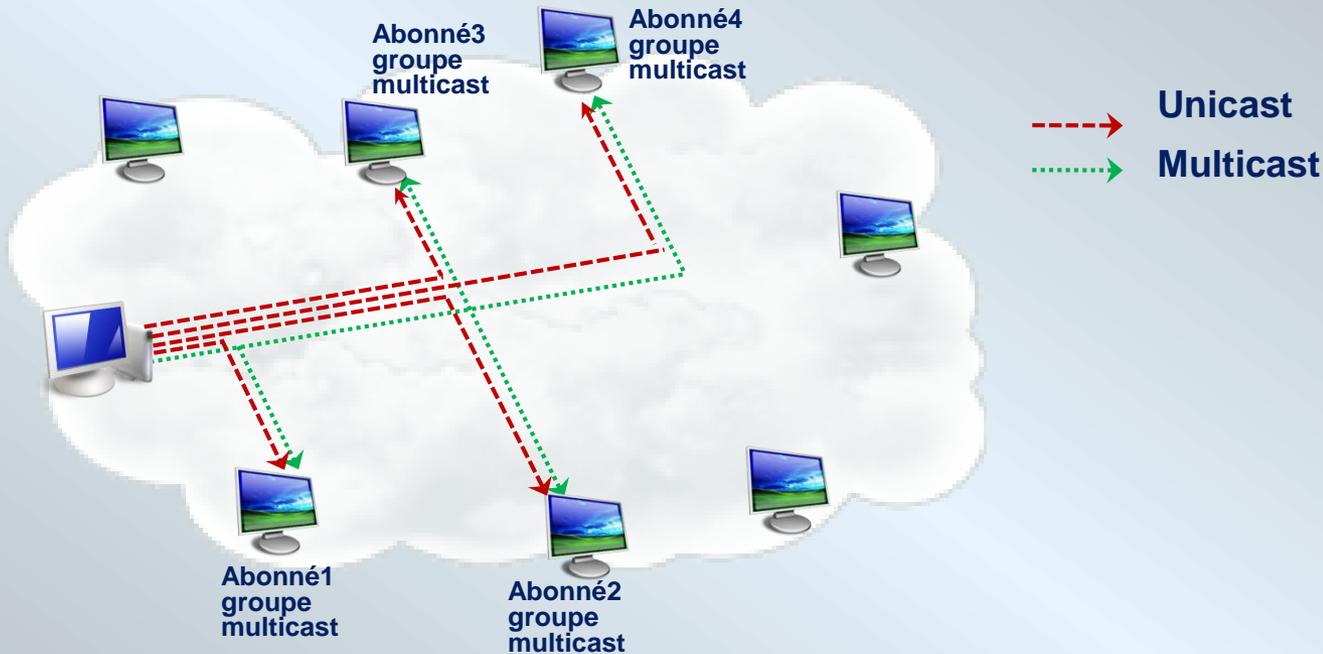
- Rappels
- Définition et besoins de la QoS
- Paramètres de la QoS
- **Applications Multimédia**
- Routage Multicast
- Contrôle de trafic et Qualité de service (QoS)
- Réseaux VPN
- Sécurité dans les réseaux informatiques

Modes de transmission

- ✓ **Unicast**
vers un seul destinataire (point à point)
- ✓ **Broadcast**
vers tous les utilisateurs du réseau
- ✓ **Multicast**
vers tous ceux qui appartiennent au même groupe Multicast

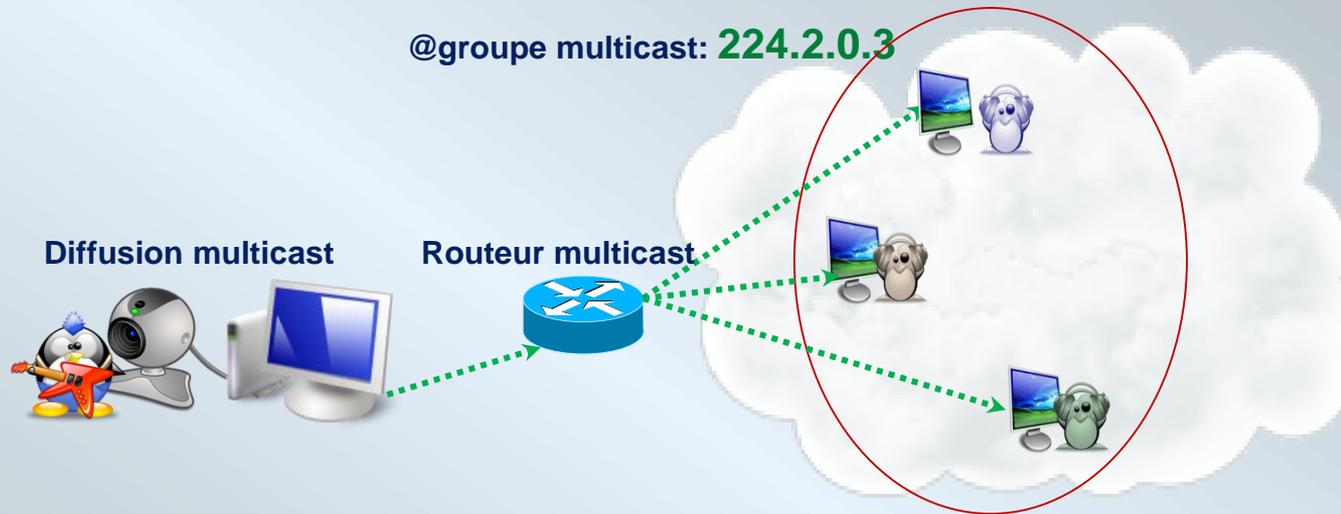


Fonctionnement



- **Multicast: économie de la bande passante (envoi du même flux vers tous les destinataires)**
- **Groupe multicast: Participants à une session multicast (ex: Téléconférence, m.à.j BD distribuée,...)**
- **L'émetteur à un groupe multicast n'en fait pas forcément partie**
- **Un groupe multicast n'est pas limité à un réseau local (routage multicast)**

Adressage Multicast (1)



- Les stations possédant l'@ multicast **224.2.0.3** reçoivent une copie de chaque paquet ayant pour adresse de destination celle-ci
- Le groupe multicast a une adresse multicast de classe **D**: **224.0.0.0 → 239.255.255.255**
- Il existe quelques @ réservées.
 Ex: **224.0.0.1** : tous les hôtes d'un LAN (même de différents groupes)
224.0.0.2 : tous les routeurs d'un LAN
224.0.0.4 : tous les routeurs DVMRP du LAN
224.0.0.13 : tous les routeurs PIM du LAN

DVMRP (Distance Vector Multicast Routing Protocol)
 PIM (Protocol Independent Multicast)



Adressage Multicast (2)

- Une @ multicast est toujours destinataire = @ d'un groupe de machines abonnées à une session multicast
- Une source (émetteur) est identifiée par son @ unicast
- Au niveau Liaison (IEEE802) :
 - bloc d '@ réservé aux groupes multicast: **01 00 5E 00 00 00 – 01 00 5E FF FFFF**
- Correspondance @ IP multicast / @ IEEE 802 du groupe
 - @ IP multicast: **1110 xxxx x** abc defg hijk lmno pqrstu vw
 - @ IEEE 802 du groupe: **0000 0001 0000 0000 0101 1110 0** abc defg hijk lmno pqrstu vw

23 bits de poids faible

Ex: @ IP multicast = 224.1.2.3 = 1110 0000 0000 0001 0000 0010 0000 0011

 @ IEEE 802 = 0000 0001 0000 0000 0101 1110 0000 0001 0000 0010 0000 0011
= 01 00 5E 01 02 03

Internet Group Management Protocol (IGMP) (1)

- Protocole utilisé par les stations pour informer les routeurs multicast des groupes actifs.
- Messages IGMP: encapsulés dans des datagrammes IP



➤ Version IGMP

- ✓ deux versions: IGMPv1 et v2 (IGMP v3 et v4 en cours d'élaboration (IETF/IDMR))

➤ Type Message

- ✓ requête émise par un routeur multicast=1
- ✓ rapport envoyée par une machine=2

➤ checksum

- ✓ en complément à 1

➤ @ IP multicast identifiant le groupe

IGMP (2)

- Le routeur envoie toutes les 60 (120) secondes
 - une sollicitation aveugle à l'@ 224.0.0.1 (**IGMP query**) avec un TTL = 1
 - ✓ à quel groupe voulez-vous vous abonner?
 - ✓ attend les réponses
 - Les hôtes renvoient un **IGMP report**
 - ✓ indiquant les @ multicast des groupes qui les intéressent
 - ✓ un **IGMP report** est envoyé après un délai aléatoire pour éviter les envoies multiples simultanés
 - Si le routeur ne reçoit aucune réponse pour un groupe donné
 - ✓ il arrête la réémission des paquets multicast de ce groupe
 - ✓ le groupe est considéré 'sans abonnés' locaux
- Pour adhérer à un groupe:
 - Une station émet un **IGMP report** avec l'@Multicast du groupe

IGMP (3)

- Si plusieurs routeurs: un routeur est élu
 - le Designated Router (DR)
 - ✓ le seul qui peut émettre des *IGMP queries*
 - ✓ ex: dans V2 de IGMP, le routeur d'@IP la plus petite est le **DR**
 - Le DR n'est pas forcément celui qui transmet les paquets multicast
- Pour quitter un groupe, une station cesse tout envoi
 - ceci sera détecté par le routeur
- hôte peut envoyer aussi un paquet: *leave* (dans IGMP V2)
 - à la réception d'un *leave*, le routeur envoie un *query* aux abonnés à ce groupe
 - ✓ en cas où c'était le dernier hôte, il n'y aura pas de latence pour arrêter la diffusion de ce groupe

Protocoles de routage (1)

- Si multicast local: **IGMP**
 - à la réception d'un datagramme Multicast, le routeur le diffuse sur toutes les interfaces où le groupe est actif, sauf celle d'entrée (pour éviter les boucles)
- si multicast hors du LAN



Protocoles de routage multicast

- ceux qui considèrent que les abonnés sont nombreux
ex: DVMRP, MOSPF, PIM-DM
- ceux qui gèrent une faible population d'abonnés
ex: PIM-SM

PIM-DM (PIM Dense Mode): presque tous les hôtes sont intéressés

PIM-SM (PIM Sparse Mode): très peu d'hôtes sont intéressés

Protocoles de routage (2)

- **Caractéristiques du routage multicast**

- **Protocole de routage multicast différent des protocoles de routage unicast**
- **Tous les routeurs ne savent pas traiter les datagrammes multicast**
- **Topologie multicast se base souvent sur les tunnels inter-routeurs multicast**
- **Routage multicast se base sur la construction d'arbres de diffusion**
- **L'arbre minimal de diffusion: toutes les branches sont utiles**
(contiennent au moins un abonné)
- **L'arbre de diffusion est en évolution constante (ajout/suppression de**
feuilles/branches)

Protocoles de routage (3)

- **Techniques de routage**

- **Routage par vecteur de distance (Distance Vector)**

- ✓ **chaque routeur a une table de routage**
- ✓ **chaque entrée indique la meilleure distance vers chaque destination et les points du vecteur à utiliser**
- ✓ **tables régulièrement mises à jours avec les infos reçues des routeurs voisins (routage dynamique)**
- ✓ **métrique utilisée (nombre de saut, délai d'acheminement, débit, sécurité, ...)**
- ✓ **algorithme: Ford-Fulkerson (ou Bellman-Ford)**

Ex: RIP (Routing Information Protocol)

Protocoles de routage (4)

➤ Routage par états de liens (Link-State)

- ✓ chaque nœud diffuse l'état des liens avec ses voisins
- ✓ chaque nœud connaît les voisins de ses voisins
- ✓ calcul des routes optimales: algorithme de Dijkstra

Ex: OSPF (Open Shortest Path First) (**RFC: 2328**)

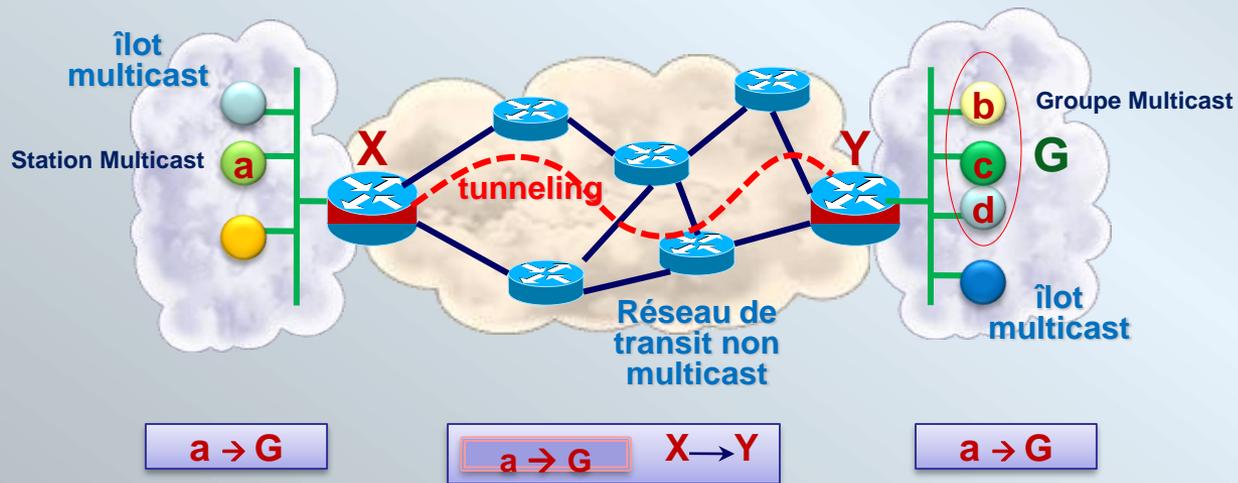
➤ Routage à la source (Source routing)

- ✓ le paquet routé contient l'intégralité du chemin
- ✓ l'entête du paquet contient les @ par lesquelles il doit passer
- ✓ convient aux petits et moyens réseaux

Ex: DSR (Dynamic Source Routing) dans les réseaux Ad hoc

- **MBone: Multicast Backbone :**

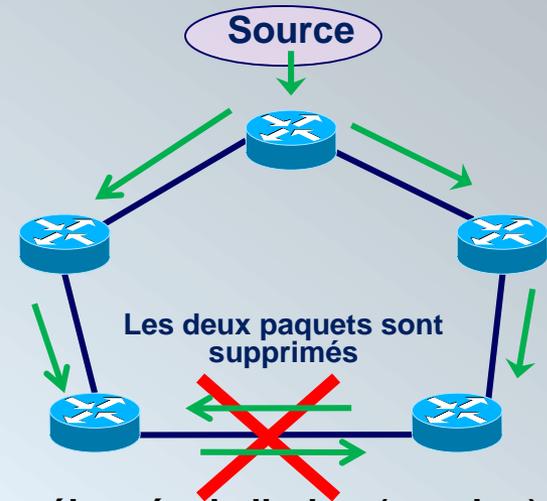
- Interconnexion de réseaux IP multicast (îlots multicast)
- Îlots interconnectés par des tunnels (liaisons virtuelles)
- Se base sur un réseau non multicast (réseau de transit, **ex:** internet)
- Encapsulation des datagrammes multicast dans des datagrammes unicast (IP in IP)
- Encapsulation au niveau du routeur **X**/ décapsulation au niveau du routeur **Y**



DVMRP (Distance Vector Multicast Routing Protocol) (1)

• DVMRP (RFC 1075)

- Implémenté dans certains routeurs (pas Cisco)
- Primitive *mroute* sous Unix implémente DVMRP
- Agit en mode dense : **flooding + pruning**
- On inonde (flooding) l'arbre multicast
- Ceux qui ne sont pas intéressés le notifient pour être élagués de l'arbre (pruning)
- Problème de boucle: Algorithme **RPF** (Reverse Path Forwarding) : *"Je ne diffuse qu'un seul paquet: celui qui me vient du plus court chemin de la source"* ou bien: *"Je ne diffuse qu'un seul paquet: celui reçu sur l'interface utilisée pour envoyer un paquet unicast vers la source (Reverse Path)"*
- Test RPF:
 - ✓ **OK**: paquet à retransmettre, on inonde toutes les branches non élaguées
 - ✓ **Pas OK**: paquet supprimé
- L'optique est de toujours construire un arbre minimale à partir de la source



- Question de base dans DVMRP: quand et vers qui dois-je diffuser?
 - **condition 1:** diffuser si le paquet m'arrive du plus court chemin:
 - ↩ je dois connaître le plus court chemin (*principe vecteur de distance vers la source comme si c'est une destination*)
 - **condition 2:** ne pas diffuser sur les branches où il n'y a pas d'abonnés (*branches élaguées*)
 - **condition 3:** diffuser si seuil (*threshold*) pas encore atteint

- **Limite de l'étendue de diffusion**

- Se base sur le champs IP *TTL (Time To Live)*

- Un paquet est retransmis:

- ✓ seulement si son TTL est plus élevé que son seuil (threshold)

- but:** limiter la portée des paquets multicast pour ne pas inonder Internet

- * **Les seuils: Valeurs conventionnelles (fixées par la source)**

- ✓ site local = 16

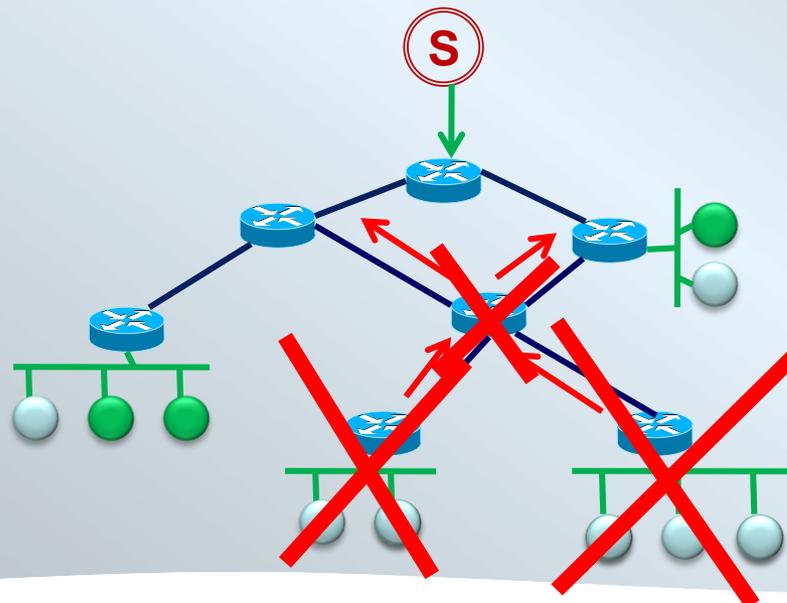
- ✓ régional = 32

- ✓ national = 48

- ✓ transcontinental=128

• Elagage des branches inutiles (Pruning)

- le routeur terminal (aval) d'une branche qui ne contient plus d'abonnés envoie au routeur amont un message d'élagage (pruning)
- récursivement si le routeur amont reçoit sur toutes ses interfaces avals un message d'élagage, il envoie un message d'élagage à son propre routeur amont



- **Echange informations routage: IGMP**
 - **Envoi par les hôtes d'un *route report* à 224.0.0.4 (tous les routeurs DVMRP) toutes les 60 secondes pour confirmer leur présence**
 - **Envoi par les routeurs d'un *Probe message* toutes les 10 secondes (pour découvrir les voisins DVMRP)**



MOSPF (Multicast Open Short Path First) (1)

- extension du protocole OSPF (RFC 1247)

- Protocole à état de liens
 - ✓ chaque routeur diffuse l'état des liaisons

 - ✓ chaque routeur a une connaissance de la globalité du réseau

 - ✓ chaque routeur peut calculer localement les meilleures routes

- chaque routeur prend connaissance des groupes actifs

- chaque routeur calcule localement l'arbre RPF avec élagage

- capable de gérer plusieurs tunnels en même temps
 - ✓ les routeurs multicast ou non sont désignés par un bit du champs *option* du message MOSPF

MOSPF (2)

- **Lorsqu'un routeur MOSPF reçoit un paquet Multicast de source s vers groupe G :**
 - ✓ il utilise sa BD locale des liaisons pour calculer l'arbre recouvrant ayant pour racine s
 - ✓ il utilise la connaissance de la répartition des abonnés au groupe G pour élaguer l'arbre
 - ✓ le paquet Multicast est transmis vers les bonnes interfaces
- **chaque routeur prend connaissance des groupes actifs**
- **chaque routeur calcule localement l'arbre RPF avec élagage**
- **capable de gérer plusieurs tunnels en même temps**
 - ✓ les routeurs multicast ou non sont désignés par un bit du champs *option* du message MOSPF

PIM (Protocol Independent Multicast) (1)

- **Si on envisage un réseau très large, MOSPF n'est pas adapté**
 - ✓ **volume des calculs croît avec la taille de la zone à gérer**
 - ✓ **volume des messages diffusés croît énormément**
 - ✓ **cause des temps de latence importants alors que le multicast est souvent utilisé pour du temps réel**

- **PIM existe en deux modes:**
 - ✓ **PIM-DM (Dense Mode) et PIM-SM (Sparse Mode)**
 - ✓ **PIM-DM implémente le RPF avec élagage et ressemble à DVMRP sauf dans la gestion des tables de routage**

➤ PIM-SM (Mode Clairsemé) (RFC 2326) (utilisé sur routeur Cisco)

- ✓ un routeur est choisi comme *Point de Rendez-vous* (**Rendez-vous Point: RP**) du groupe
- ✓ le RP gère les inscriptions des abonnés et des routeurs
- ✓ le RP gère l'arbre de diffusion RPT (rendez-vous Point Tree)
- ✓ les paquets multicast suivent le chemin le plus court entre la source et le RP
- ✓ c'est le RP qui gère la diffusion au sein d'un groupe (pas tous les routeurs)
- ✓ paquets de routage en nombre limité
- ✓ **MAIS** Le chemin suivi par les données n'est pas forcément le plus court