

B.TUY

*C
N
R
S
/
U
R
E
C*

Multicast

protocoles de routage

Bernard Tuy

Plan

- **Protocoles impliqués**
- **Généralités préliminaires**
- **Les équipements nécessaires**
- **La diffusion de groupes sur le LAN**
- **la diffusion multicast au-delà du LAN**
- **Interactions PIM-DVMRP**

Les protocoles de routage multicast

- **IGMP / CGMP**
- **PIM SM / DM / SDM**
- **DVMRP / MOSPF**
- **mBGP / MASK**
- **MSDP**
- **Auto-RP / BSR**
- **UDLR**
- **...**

B.TUY

*C
N
R
S
/
U
R
E
C*

Généralités préliminaires

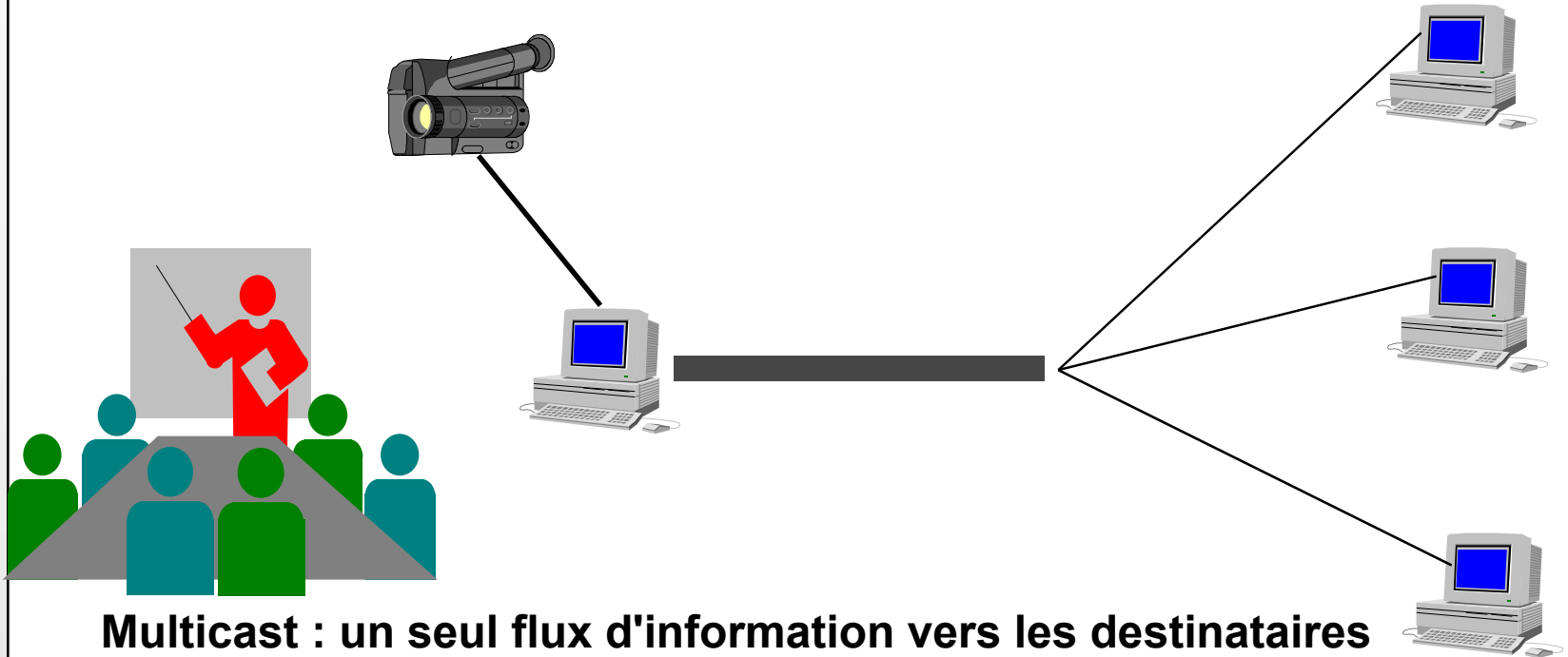
Définitions

- **Multicast = Multipoint**
- Applications "habituelles" entre une source et **un** destinataire
 - applications **Unicast** (ou point à point)
- "Nouveau" type d'applications entre une source et **plusieurs** destinataires
 - => applications **Multicast**
- Les participants à une application multicast constituent un **groupe multicast**
- Le groupe multicast a une **adresse multicast** de classe D
 - 224.0.0.0 -> 239.255.255.255
- le groupe multicast n'est pas limité au réseau local
 - routage vers les adresses des destinataires abonnées au groupe multicast : **routage multicast**

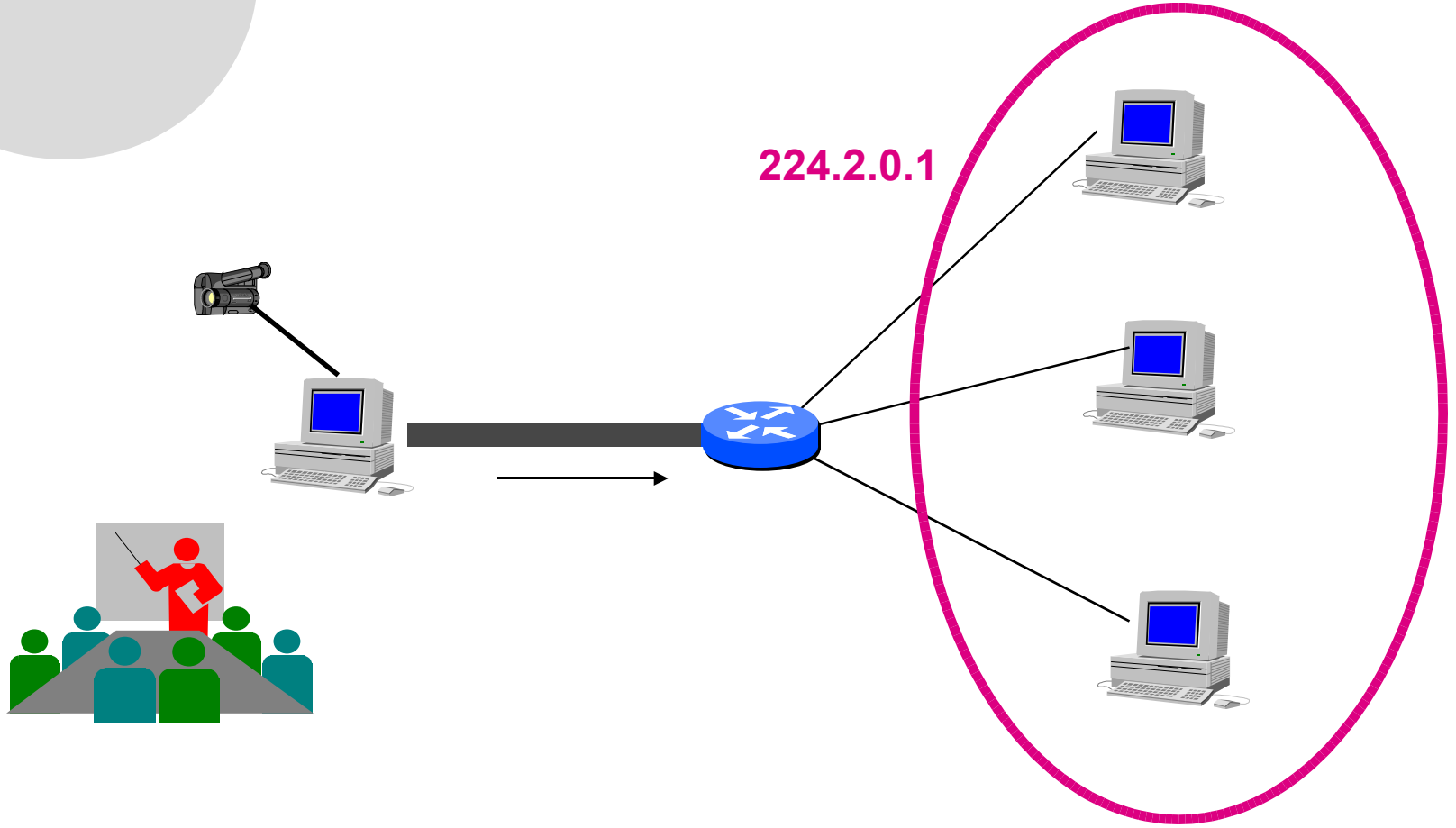
Modes de transmission

- **Unicast** : vers un seul destinataire
- **Broadcast** : vers tous les équipements du **LAN**
- **Multicast** : vers tous ceux qui appartiennent au même groupe multicast
 - qui se sont "abonnés" à ce groupe

Exemple : téléseminaire



Téléséminaire (2)



— Groupe Multicast d'adresse 224.2.0.1

Notions d'adressage multicast

- Adresses de classe A, B, C ...
- **et D : 224.0.0.0 à 239.255.255.255**
- **réservation de plages d'adresses spécifiques :**
cf. le RFC 1700 ou <http://www.iana.org/iana/assignments.html>

Exemples :

- les adresses **224.0.0.0 - 224.0.0.255**
- **239.*.*** : "*administratively scoped addresses*"
 - adresses réservées pour des usages privés
- **toutes les autres adresses de 224.0.1.0 à 239.255.255.255**
 - . *attribuées de façon permanente a différentes applications*
 - . *réservées pour une allocation dynamique via SDR ou autres méthodes*

Adresses multicast réservées : exemples

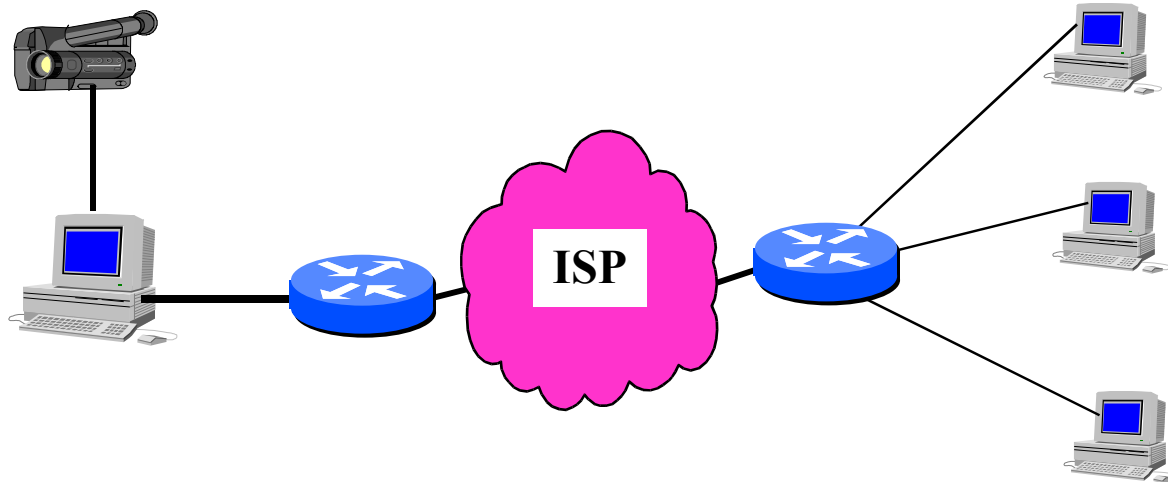
- **224.0.0.1** : tous les hosts multicast du LAN
- **224.0.0.2** : tous les routeurs multicast du LAN
- **224.0.0.4** : tous les routeurs DVMRP du LAN
- **224.0.0.9** : tous les routeurs RIPv2
- **224.0.0.13**: tous les routeurs PIM du LAN
- Global scope: 224.0.1.0-238.255.255.255
- 239.*.*.* : "administratively scoped addresses"
- Limited scope: 239.0.0.0-239.255.255.255
- Site-local scope: 239.253.0.0/16
- Organization-local scope: 239.192.0.0/14

- toutes les autres adresses ont une portée non limitée

Allocation des adresses de groupes

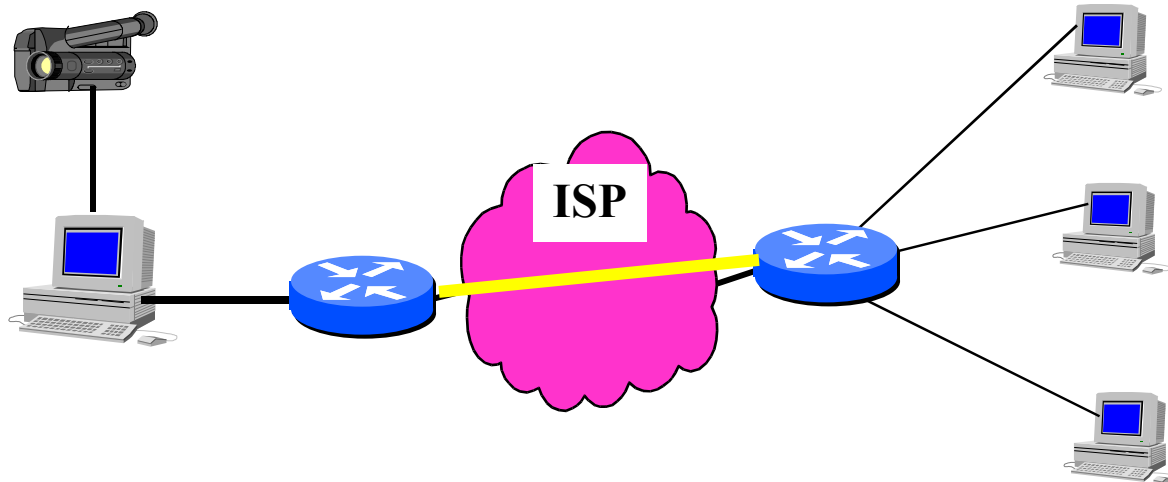
- **Dynamique via des outils de type SDR**
 - 224.2.x.y
 - 239.x.y.z
- **manuelle (déconseille)**
- **ne demandez pas a votre ISP !**
- **RFC 2365 : Administratively scoped IP Multicast**

Topologies des réseaux Multicast



Réseau multicast natif

Topologies des réseaux Multicast (2)

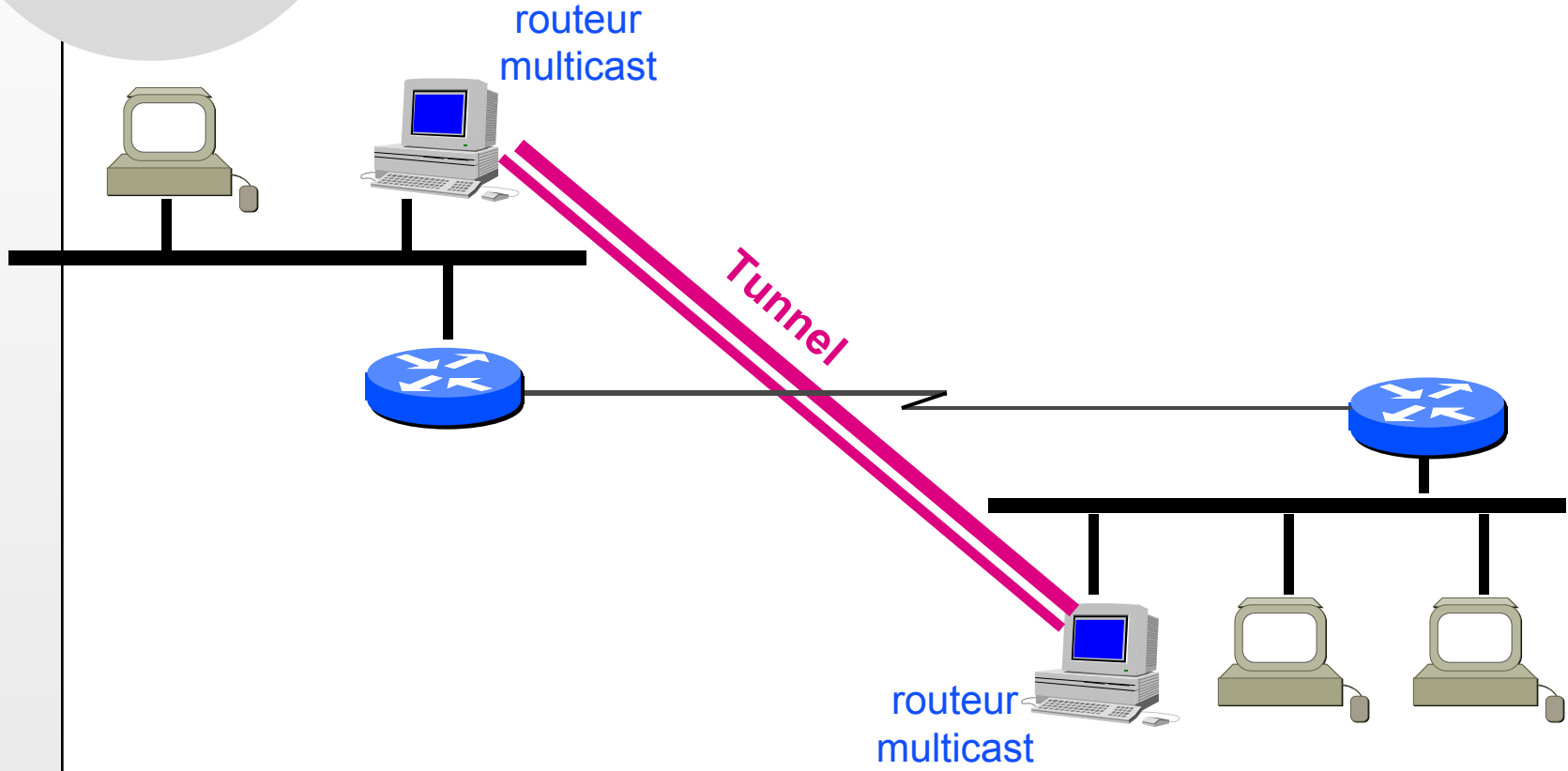


Réseau ne supportant pas les paquets multicast
=> établissement de **tunnels**

Tunnels IP

- Structure logique faisant abstraction de la topologie physique sous-jacente du réseau
- Dans RFC 1075, on utilise “*Loose Source Routing*”
- En réalité, on encapsule les paquets multicast dans des paquets unicast (*protocole = 4, tunnel DVMRP*)
- Association d'un **métrique** et d'un **seuil** (*threshold*) à chaque tunnel (*en plus d'une adresse IP à chaque extrémité ...*)
 - **métrique** permet de privilégier une interface parmi *n*
 - le **seuil** définit la portée du datagramme multicast
 - < 16 *site local*
 - < 32 *régional*
 - < 48 *national*
 - < 64 *transcontinental*

La topologie du MBone



Les équipements multicast

- **Postes de travail**

- stations, PC, portables ...

- + *carte réseau supportant le multicast*

- *avoir un système intégrant les fonctionnalités multicast*

- *configurer une route pour les adresses de groupes :*

- 224.0.0.0/4 194.57.137.115 ...

- **Le(s) routeur(s)**

- + cartes réseau supportant le multicast (ainsi que le niveau 2 !)

- avoir un IOS qui intègre IGMP + le routage multicast

Les stations hôtes

- Par défaut, le driver d'une station écoute deux adresses Ethernet : la sienne et celle de broadcast (FF...FF)
- **Les autres adresses Ethernet doivent être explicitement programmées dans le driver**
- **Au minimum, il faut écouter :**
 - équivalent Ethernet de 224.0.0.1
 - équivalent Ethernet du répertoire des sessions Mbone (224.2.127.254)
- **Architectures natives :**
 - Sun/Solaris, SGI/IRIX, Dec/OSF-1, Windows 9x & NT
 - Linux, FreeBSD,...

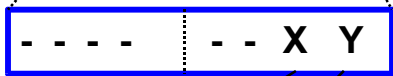
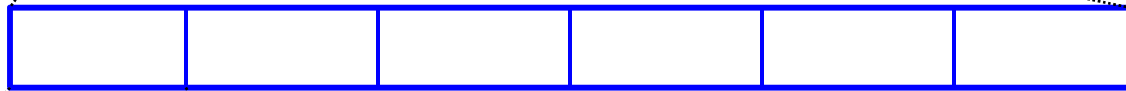
Algorithme de transmission d'un datagramme multicast

- Si **TTL** (de l'entête IP) > **Seuil** (fixé sur l'interface)
- alors :
 - TTL = TTL - 1*
 - on transmet le paquet*
- On détruit le paquet si :
 - Si TTL < 2
 - pas de route
 - Paquet reçu sur une interface non-RPF
 - Destination = 224.0.0.{1,2}

Envoi de paquets

- **Une adresse multicast ne peut être que destinataire**
 - c'est l'adresse d'un groupe de machines abonnées à une session multicast
- **les sources (émetteurs) sont « vues » par leur adresse unicast**
- **le niveau Liaison de données n'utilise pas ARP :**
 - **mécanisme de correspondance** (pour les @ IEEE-802)
 - @IP multicast -> @Ethernet multicast
- **Etre membre d'un groupe est indépendant d'envoyer à ce groupe**
 - une source n'est pas obligatoirement membre du groupe auquel elles envoient un flux multicast

Multicast : correspondance adresses IEEE 802.3 et adresses IP

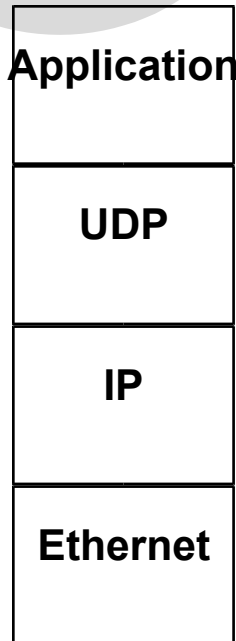


0	1
0	5
0	9
0	D

Y = 0 => Adresse de station particulière
 Y = 1 => Adresse d'un groupe de stations

X = 0 => Adresse universelle
 X = 1 => Adresse locale

Multicast : correspondance adresses IEEE 802.3 et adresses IP (2)



inchangé

mapping → 0x 01 00 5E

224.2.0.1

0 2 0 0 0 1

23 bits de droite de l'@ IP destination
(le 24 eme bit est a 0)

Le bloc d'adresses IEEE802
 01:00:5E:00:00:00 - 01:00:5E:FF:FF:FF
 est réserve aux groupes multicast

Réception de paquets

- **Par défaut, le coupleur Ethernet d'une station écoute**
 - son adresse Ethernet (fixée en PROM)
 - et l'adresse de broadcast (FF...FF)

- **Les autres adresses Ethernet doivent être explicitement programmées dans le driver du coupleur**

- **Pour le multicast, il faut écouter au minimum :**
 - équivalent Ethernet de 224.0.0.1 (tous les hôtes multicast du LAN)
 - équivalent Ethernet du répertoire des sessions MBone
annonçant la liste des groupes multicast actifs
(224.2.127.254 p.exemple)

Résumé

- **Multicast = meilleure utilisation de la bande passante**
 - les mêmes données ne circulent qu'une seule fois sur le même lien
- **les émetteurs (sources) et les receveurs (membres) sont distincts**
- **les hôtes disent aux routeurs de quels groupes ils sont membres**
 - et ne reçoivent que les datagrammes de ces groupes
 - ils ne disent rien sur les groupes multicast auxquels ils envoient des informations
- **les routeurs doivent écouter toutes les adresses multicast**
 - pour être capables de transmettre les datagrammes multicast
- **les routeurs utilisent des protocoles de routage multicast pour administrer les groupes multicast**

Diffusion de Groupes sur le LAN

Internet Group Management Protocol (IGMP)

RFC 1112 (IGMP version 1)
RFC 2236 (IGMP version 2)

IGMP : généralités

- **Protocole d'interaction entre**
 - le(s) routeur(s) multicast du LAN
 - et les hôtes multicast du LAN

- **Permet à un hôte de s'abonner (désabonner) à un groupe**
- **et dire au routeur :**

“envoyez-moi une copie des paquets reçus par le groupe multicast d 'adresse d.d.d.d”

- **deux versions existent, IGMPv1 et v2**
- **IGMP versions 3 & 4 en cours d'élaboration (IETF/ IDMR)**

autoriseront l 'écoute d 'un sous-ensemble de participants au groupe multicast

IGMP: un seul routeur sur le LAN

- **le routeur envoie** toutes les 60 (120) secondes
 - une sollicitation aveugle à l'@ 224.0.0.1 (**query**) avec un TTL = 1
 - “à quel(s) groupe(s) voulez vous vous abonner ?”
 - et attend les réponses

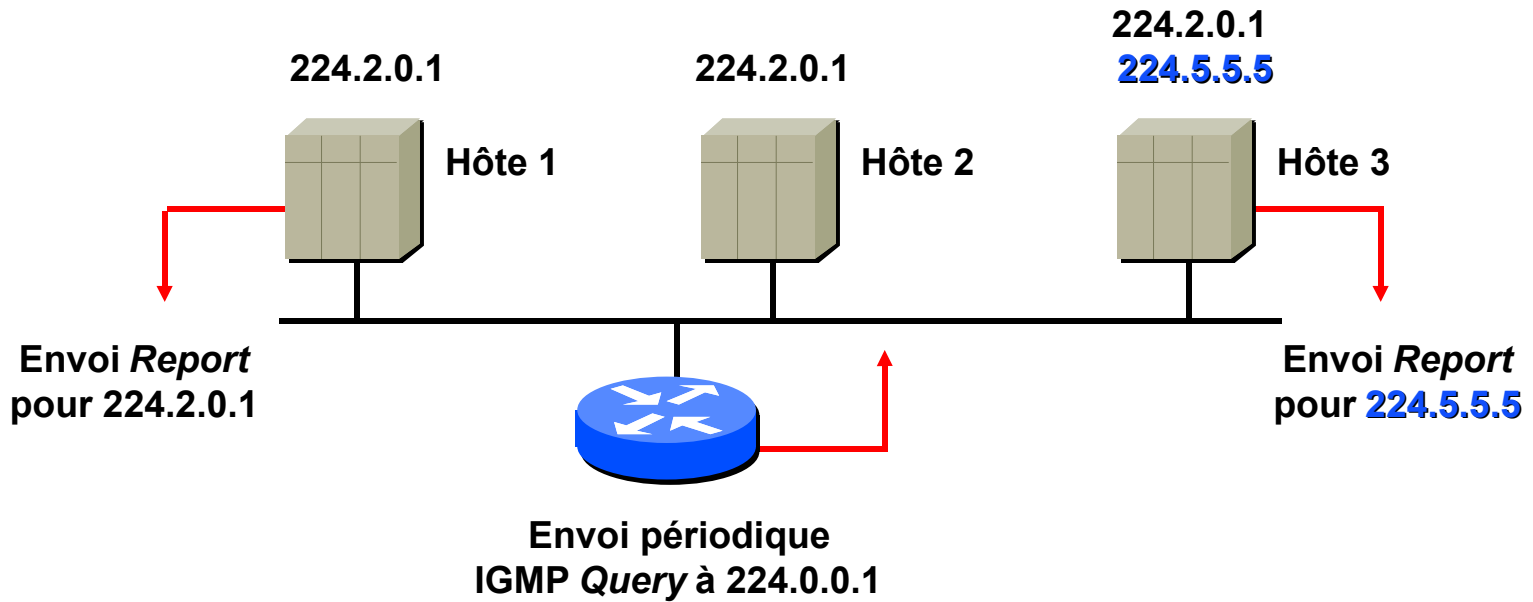
- **le(s) hôte(s) renvoie(nt) un “IGMP report”**
 - qui indique l'adresse du ou des groupes qui l'(es) intéressent

- **si le routeur ne reçoit aucune réponse pour un groupe donné**
 - il **arrête la réémission** des paquets multicast de ce groupe
 - le groupe est réputé sans abonné local

IGMP: un seul routeur (2)

- **quand l' hôte reçoit l'invitation query**
 - il fixe un délai aléatoire avant de répondre
pour éviter que toutes les réponses arrivent au même moment
 - quand un hôte a répondu, les autres n'ont plus besoin de répondre
=> une réponse par groupe multicast et par LAN
- **le routeur arme une temporisation sur les abonnements aux groupes multicast avant de solliciter à nouveau tous les hôtes**
 - *sollicitation périodique*

IGMP : s'abonner à un groupe



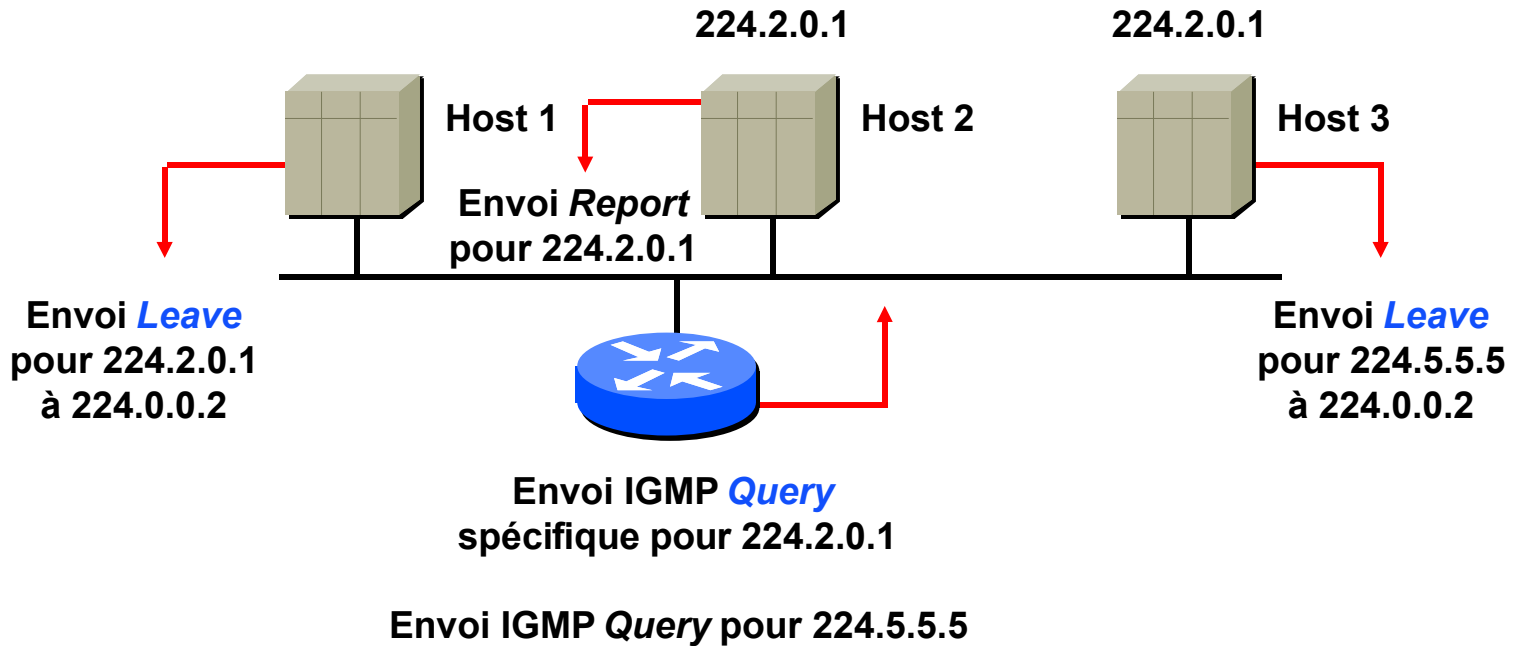
IGMP : plusieurs routeurs sur le LAN

- **Un routeur est élu entre tous les routeurs**
 - c'est le **Designated Router (DR)**
 - il est seul à émettre les **IGMP Queries**
 - en v1, le mécanisme d'élection est fonction du routage multicast et n'appartient pas à IGMP
 - en version 2, le **DR** est le routeur dont l'**@IP est la plus petite**
- **le DR n'est pas forcément le routeur qui transmet les paquets multicast**

IGMP : version 2

- Election du **DR**
 - @IP la plus petite
 - **timers** programmables
 - nouveaux type de paquets envoyés par l' hôte :
 - de désabonnement : **leave**
 - au reçu d'un **leave**, le routeur envoie
un **query directionnel** aux hôtes qui ont été abonnés à
ce groupe
- => réduction du temps de latence pour arrêter la diffusion d'un groupe qui n'a plus d'abonné
- **IGMP v2 doit obligatoirement supporter la version 1**

IGMP : quitter un groupe



Diffusion de Groupes au-delà du LAN

Les Protocoles de routage Multicast

- **IGMP** permet la distribution des datagrammes multicast sur le LAN
- **Protocole de routage** pour acheminer ces paquets hors du LAN
- **Protocoles de routage multicast -distincts des protocoles de routage unicast :**
 - tous les routeurs ne savent pas traiter les datagrammes multicast
 - la topologie multicast est -souvent- distincte de la topologie Unicast (basée sur les tunnels inter-routeurs multicast)
 - ils construisent des arbres de diffusion du trafic multicast
 - où l'émetteur est la racine de l'arbre de diffusion*
 - l'arbre minimal de diffusion ...
 - toutes les branches sont utiles (id. ont au moins un abonne)*
 - ... est en constante évolution
 - ajout (suppression) d'une feuille/branche*

Les Protocoles de routage Multicast (2)

- On distingue deux familles de protocoles en fonction du mode de diffusion des paquets multicast utilisé :
 - ~~• Mode dense : **inondation et élagage**
 - **DVMRP, PIM-DM et MOSPF**
 - *suppose que les abonnés aux groupes multicast sont nombreux*~~
 - Mode épars (clairsemé) : **greffe et élagage**
 - **PIM-SM et CBT**
 - *faible population abonnée*

Bilan des modes de diffusion

○ Mode Dense

- Flood + Prune : très inefficace
 - *Peut provoquer des problèmes dans certaines topologies (congruence)*
 - *Creation d'un état (S, G) dans **chaque** router*
 - *Meme s'il n'y a aucun récepteur pour ces données*
- Traffic engineering pratiquement impossible
- Ne "scale" pas aussi bien que le Sparse mode

Bilan des modes de diffusion (2)

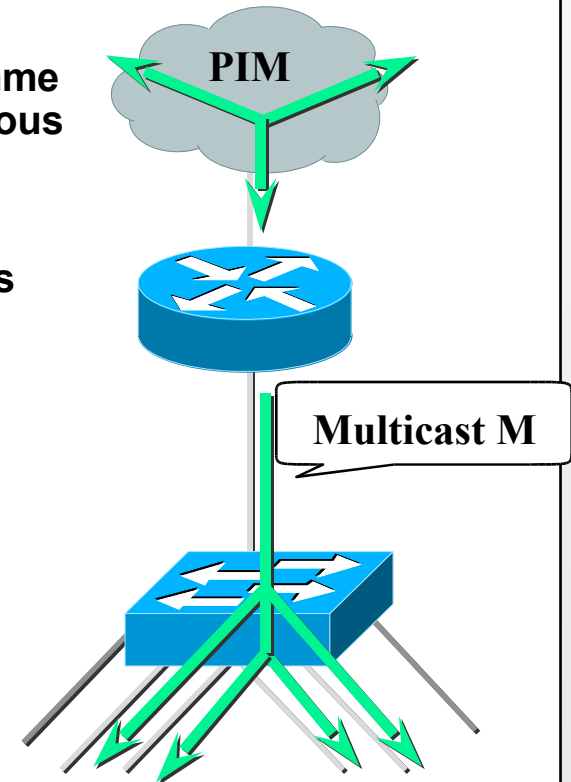
○ Sparse mode

- Impose de configurer un RP
- Très efficace
 - *abonnement explicite*
 - *Trafic va seulement là où c'est nécessaire*
 - *Les états ($\{*, S\}, G$) sont seulement créés sur les chemins des*
 - *Traffic engineering possible*
 - *Use shared-trees rooted at different RP's*
 - *utilise des arbres partagés dont différents RP peuvent être l'origine*
- “Scales” beaucoup mieux que le mode dense

Commutation des trames multicast (L2)

Problème: Inondation des trames multicast L2

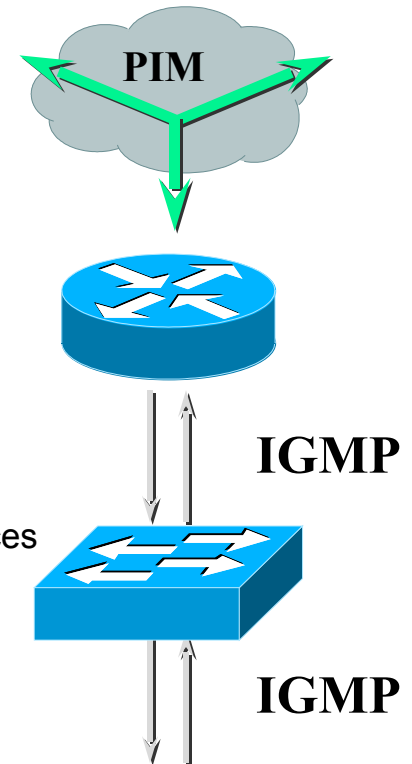
- Certains commutateurs traitent le trafic multicast comme inconnu ou comme broadcast et envoie la trame sur tous les ports
- des entrées statiques peuvent parfois etre configurées pour preciser quels ports doivent commuter quel(s) groupe(s) multicast
- La configuration automatique des ces entrées réduit d'autant le travail d'administration



Commutation des trames multicast (2)

Solution 1: IGMP Snooping

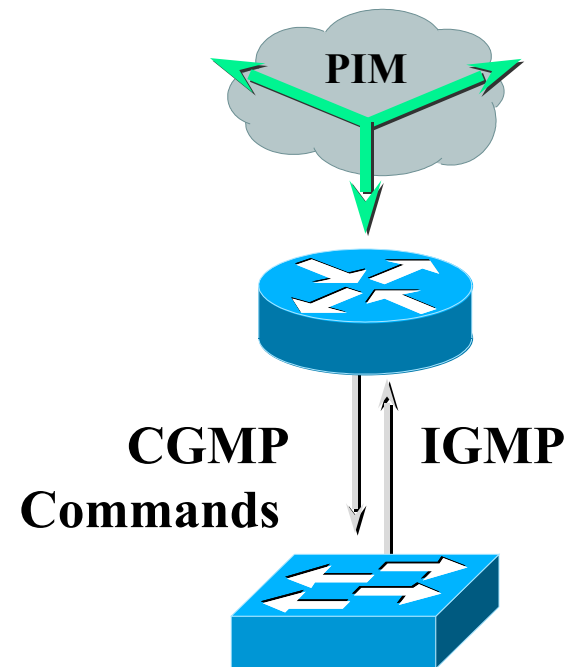
- les paquets IGMP sont interceptés par le processeur ou par un ASIC spécifique
- Le commutateur doit examiner le contenu des messages IGMP pour déterminer quels ports veulent quels trafics
 - IGMP membership reports
 - IGMP leave messages
- Impact sur le commutateur :
 - doit traiter TOUTES les trames multicast de L2
 - la charge de traitement augmente quand le trafic multicast augmente
 - nécessite un hardware spécialisé pour maintenir les performances



Commutation des trames multicast (3)

Solution 2: CGMP—Cisco Group Multicast Protocol

- Pour les commutateurs et les routeurs
- le routeur envoie des paquets multicast aux commutateurs à une adresse MAC conventionnelle :
 - 0100.0cdd.dddd
- le paquet CGMP contient :
 - Type : Join or Leave
 - MAC address du client IGMP
 - adresse Multicast du groupe
- le commutateur utilise l'information du paquet CGMP pour ajouter ou supprimer une entrée pour une MAC adresse multicast particulière



Résumé : commutateurs de trames

- **IGMP snooping**
 - Commutateurs traitant les informations du L3 (ASIC)
 - *Haut niveau de performances est maintenu*
 - *mais leur coût est plus élevé*
 - Les autres commutateurs
 - *ont des performances nettement dégradées*
- **CGMP**
 - Nécessite des routeurs et des commutateurs Cisco
 - Peut être implanté sur des commutateurs de faible prix

Protocoles de Routage des datagrammes IP Multicast

B.TUY

*C
N
R
S
/
U
R
E
C*

Distance Vector Multicast Routing Protocol (DVMRP)

RFC 1075

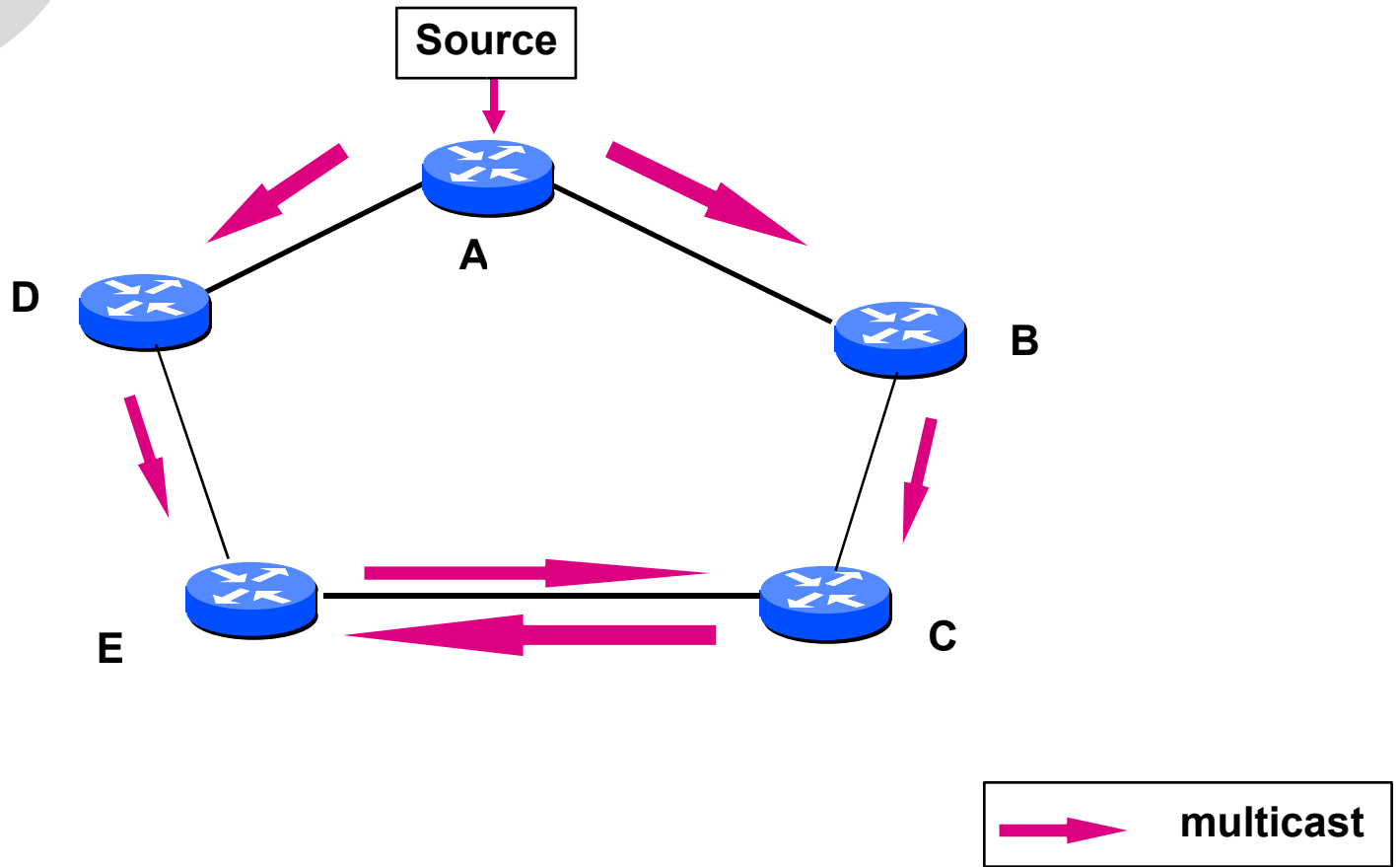
DVMRP : généralités

- **Version 3 du protocole**
 - draft-ietf-idmr-dvmrp-v3-04.txt
- **Implanté dans certains routeurs**
 - pas Cisco
- **“mrouted” sous Unix**
 - natif dans certains Systèmes (boot !)
 - **s ’assurer que la version du mrouted est au moins de 3.8**
- **Agit en mode dense : *flooding* + *pruning***
 - on **inonde** (*flooding*) tout l'arbre multicast
 - ceux qui ne sont pas intéressés le disent
 - ils sont **élagués** de l'arbre (*pruning*)
- **Pour éviter les boucles => **algorithme RPF****
 - Reverse Path Forwarding

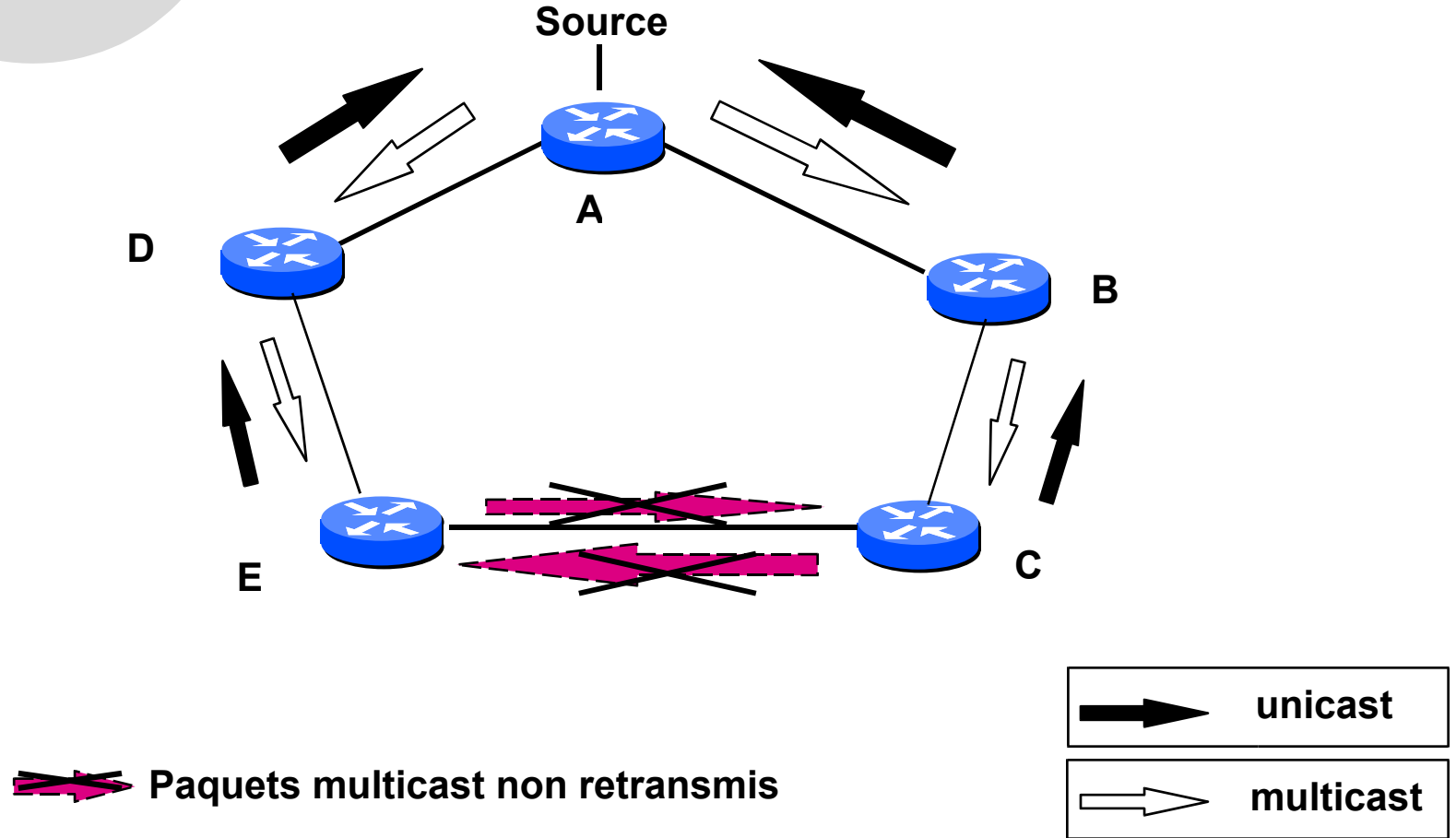
Reverse Path Forwarding (RPF)

- **un routeur transmet un paquet multicast**
 - si le datagramme est reçu sur l'interface utilisée pour envoyer un paquet unicast vers la source (*reverse path*)
- **Test RPF :**
 - Oui : paquet retransmis, on inonde
 - Non : paquet mis à la poubelle
- **un paquet est retransmis vers toutes les interfaces non élaguées du routeur - SAUF l'interface RPF**

Reverse Path Forwarding (RPF)



Reverse Path Forwarding (RPF)



Routage DVMRP

- **DVMRP utilise son propre routage unicast**
 - (variante de RIP)
 - pour déterminer son critère RPF et
 - sa décision de transmettre un datagramme multicast

- Le routage Unicast est nécessaire pour localiser les Sources multicast

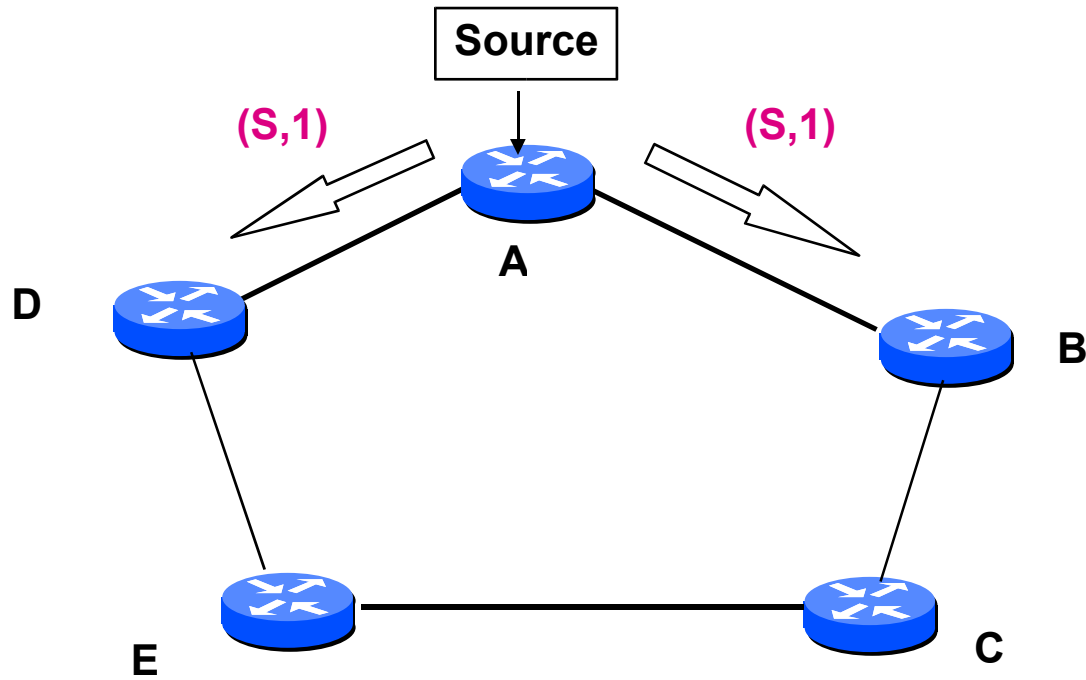
- **les paramètres du protocole**
 - le **nombre de sauts (*hops*)**, les **métriques** et les **seuils (*Threshold*)**

le seuil indique si un datagramme multicast peut être réémis.

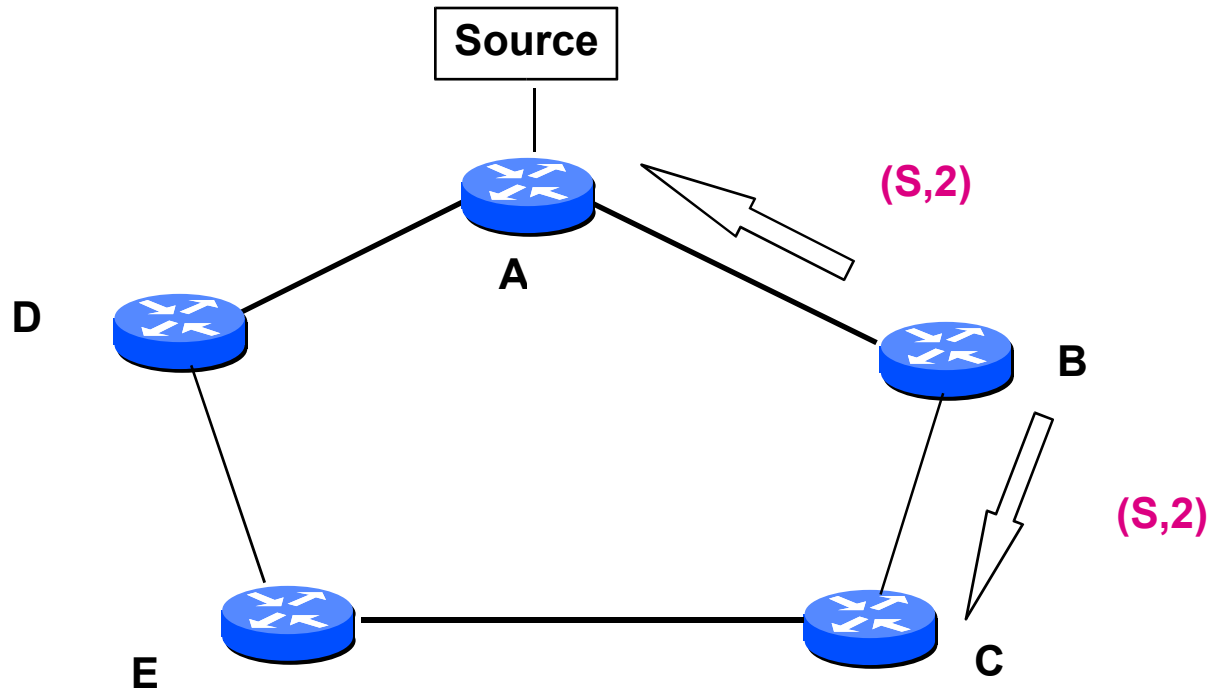
Routage DVMRP

- échange de tables de routage entre routeurs DVMRP
 - Destination / Masque / Métrique
- Les **destinations** sont les @ **unicast des sources** (émetteurs des datagrammes multicast)
- La **métrique** (distance) est le nombre de **routeurs multicast** à franchir pour atteindre la source
- L'optique est de toujours construire un **arbre minimal** à partir de la source
- Le même protocole de routage est utilisé dans tout l'arbre de diffusion (*tous les routeurs ont la même vue de la topologie multicast*)

Echange des tables de routage (théorie)



Echange des tables de routage (théorie)



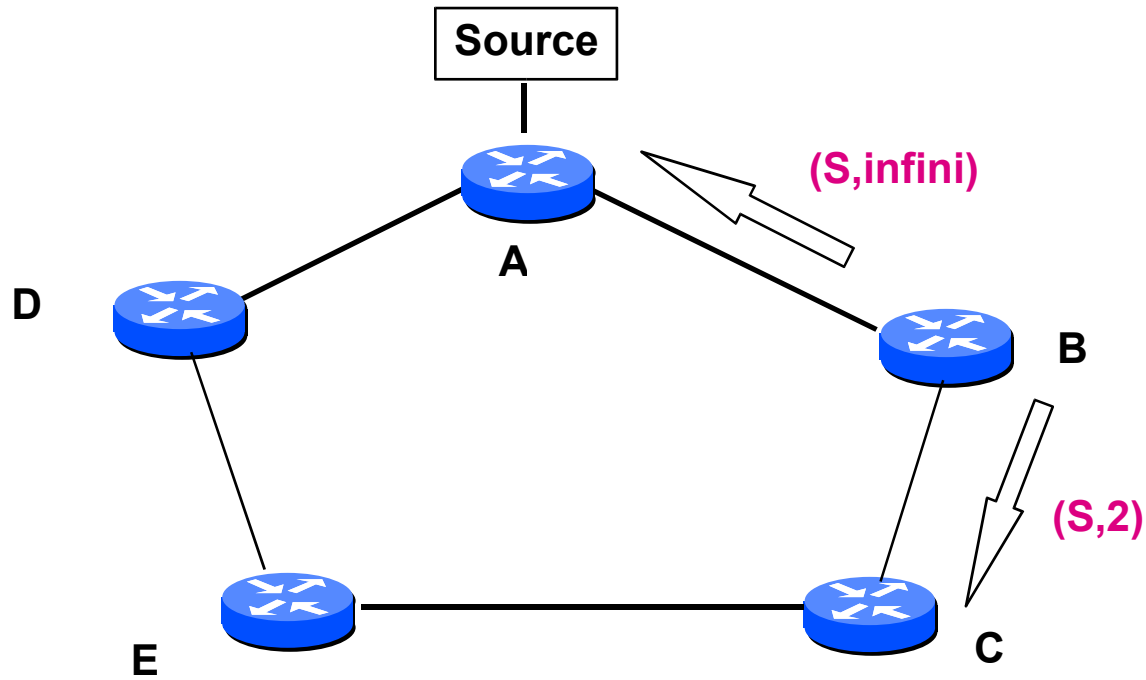
Poison Reverse

- **Le routeur B va décider**
 - que le routeur **A** voisin est en “amont” vers la source **S**
 - il envoie à **A** une information de routage vers **S** dont la métrique est dite *empoisonnée*
- **Conséquence :**
 - **B** attend le flux multicast de **A** pour la source **S**
 - **A** ne doit pas compter sur **B** pour ce même flux

Métrique empoisonnée

- **Le RFC 1112 prévoit d'envoyer :**
 - @IP Source, m = infini (16), + un flag à 1
- **Dans mrouterd :**
 - Source, m = vraie métrique vers S + infini (32)

Poison Reverse



DVMRP: échange des routes

- **Les échanges d'informations de routage utilise IGMP type 3**
 - **Envoi à 224.0.0.4** (tous les routeurs DVMRP)
 - d'un *route report* toutes les 60 secondes
 - d'un *probe message* toutes les 10 secondes pour decouvrir les voisins dvmrp

- **Utilisation de sous-types :**
 - *Response* : envoie les routes vers les destinations (Sources)
 - *Request* : demande les routes vers les destinations
 - *Prune* : rapport d'aucun membre
 - *Graft* : greffe d'une nouvelle branche sur l'arbre multicast

B.TUY

*C
N
R
S
/
U
R
E
C*

PIM

Protocol Independent Multicast

PIM : généralités

- **Indépendant du protocole de routage unicast**
- **DVMRP**
 - prend les décisions de RPF
 - a son propre protocole de routage
- **PIM repose sur le protocole de routage unicast sous-jacent**
 - pour les décisions RPF
 - et les *poison reverse routes*
- **PIM peut fonctionner selon deux modes :**
 - *dense mode*
 - *sparse mode*
- **PIM utilise l'arbre basé sur la source** si l'état (S,G) existe
- **sinon il utilise l'arbre partagé état (*,G)**
- **PIMv1 et PIMv2 ...**
- **RFC 2362 (PIM SM) + IDs (PIM DM)**

PIM : Dense Mode

- **Ressemble à DVMRP**
 - sauf pour le routage
- **mécanismes de *flooding* et *pruning* et de greffe,**
 - Pruning vers les voisins non RPF
- **Arbres construits par rapport aux sources émettrices en utilisant l'algorithme RPF**
- **Utilisation de déclaration (*assert*) pour élire un transmetteur sur un LAN à plusieurs routeurs**
- **Faible *overhead* pour les groupes denses**

Elagage et greffe sur l'arbre de diffusion

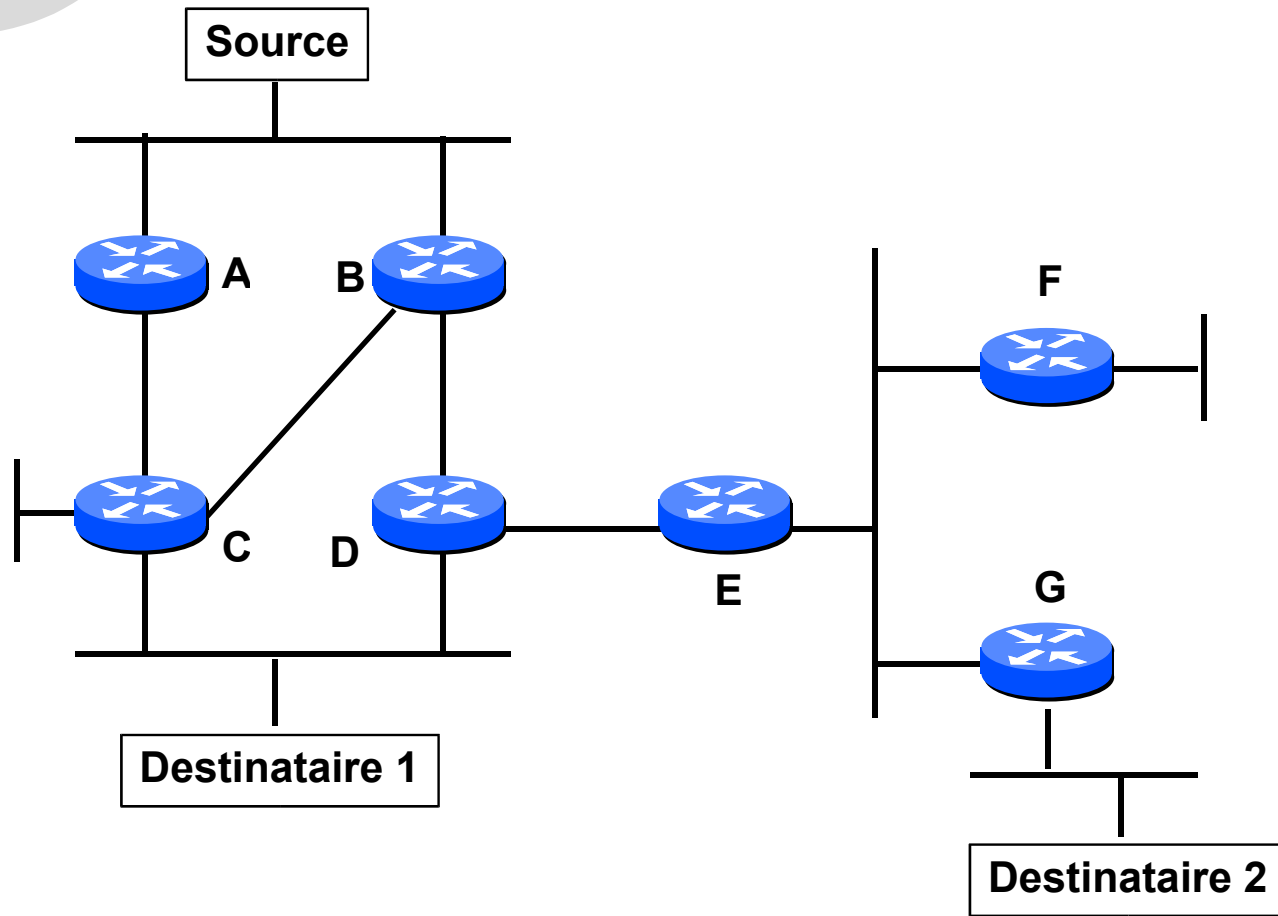
○ Elagage :

- le routeur multicast n'a plus de récepteurs locaux ni de routeurs multicast en aval
- il envoie un **prune packet** à la (les) sources émettrices pour ce groupe multicast via les interfaces RPF
- il arme un timeout

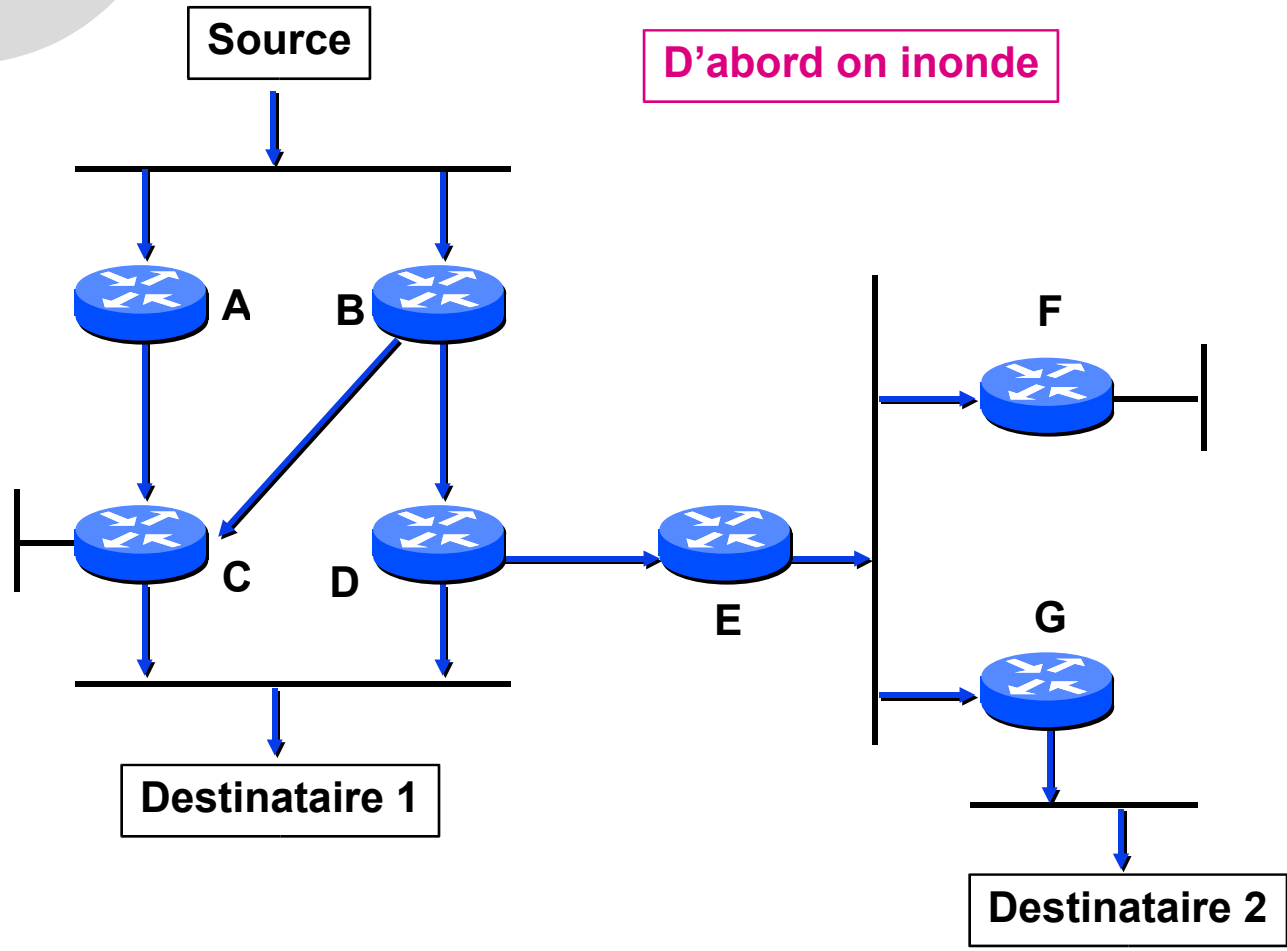
○ Greffe :

- A la réception d'une nouvelle demande d'un récepteur local ou d'un routeur en aval pour un nouveau groupe (ou un groupe précédemment élagué)
- il envoie un **graft packet** vers le routeur RPF pour éviter d'attendre l'expiration du timeout d'élagage

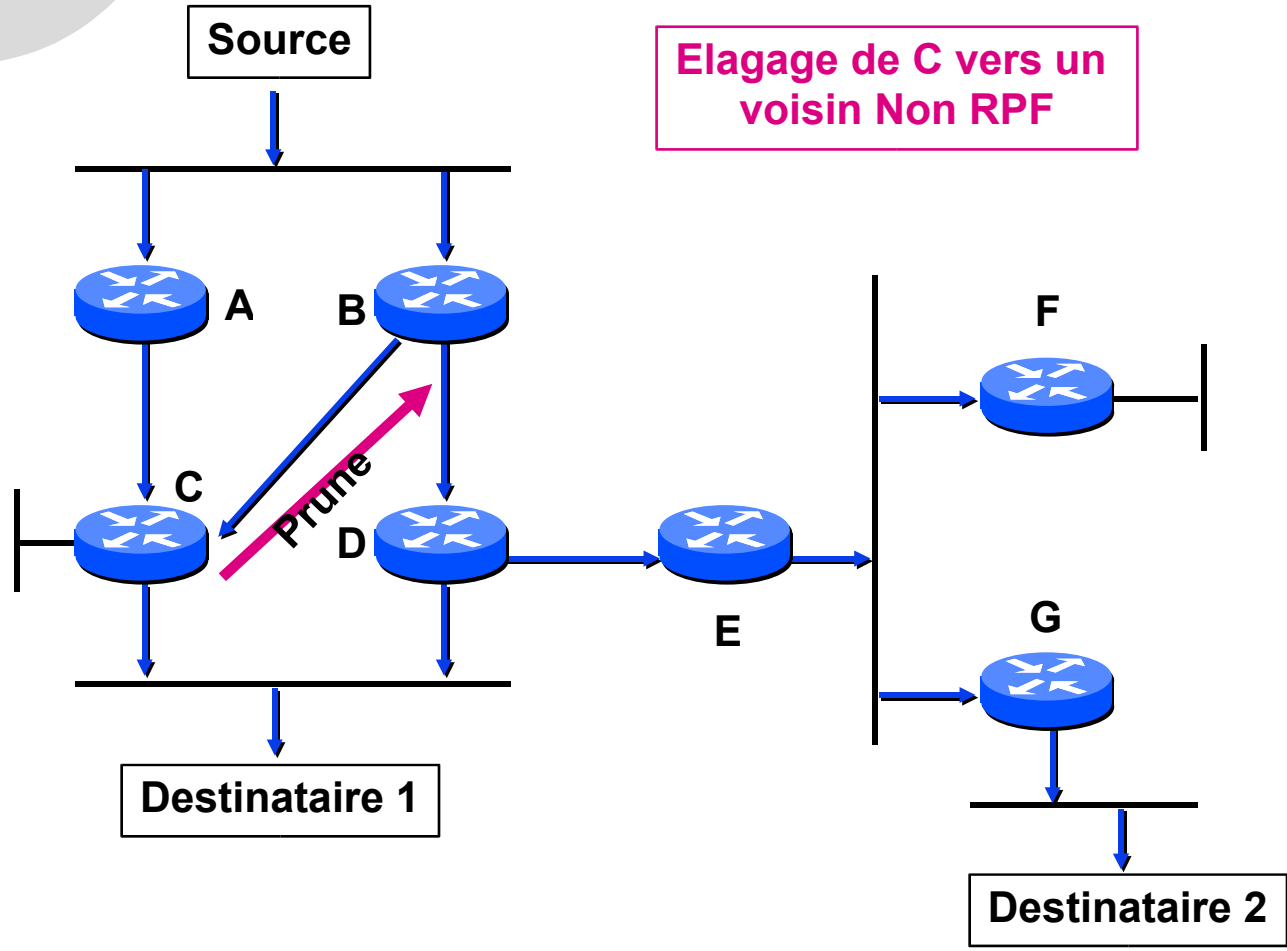
PIM, Dense-Mode : exemple



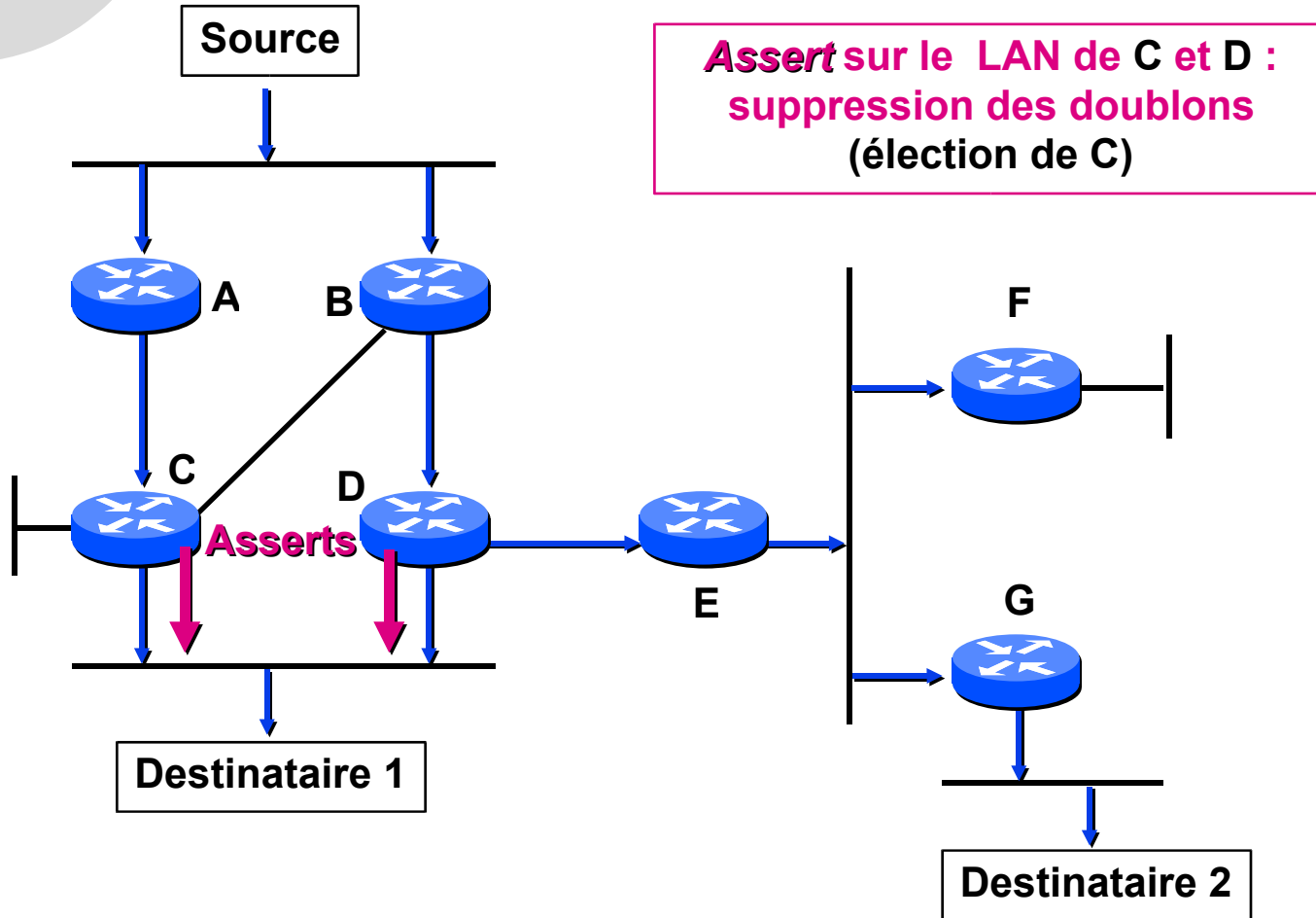
PIM, Dense-Mode : exemple



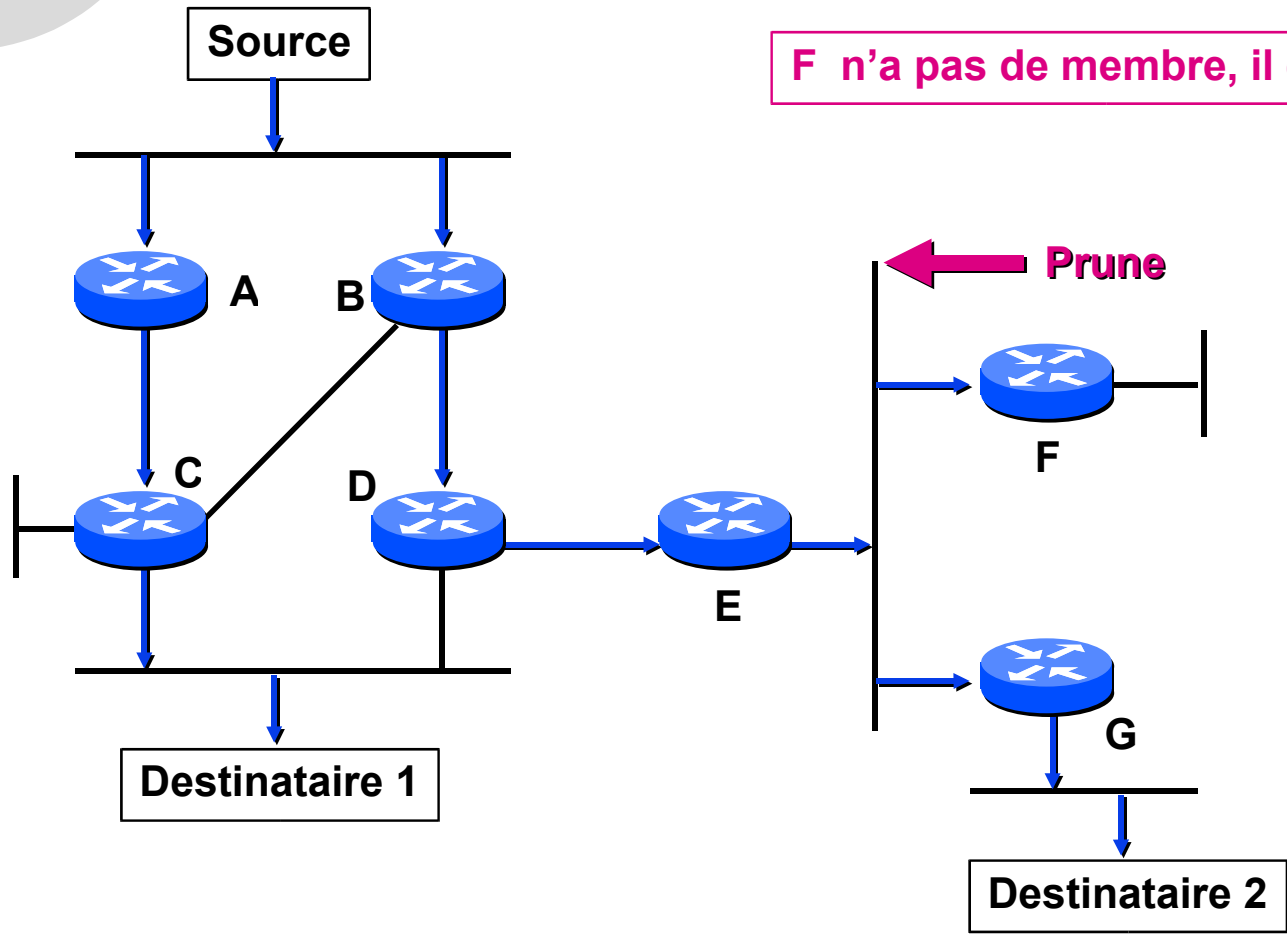
PIM, Dense-Mode : exemple



PIM, Dense-Mode : exemple



PIM, Dense-Mode : exemple



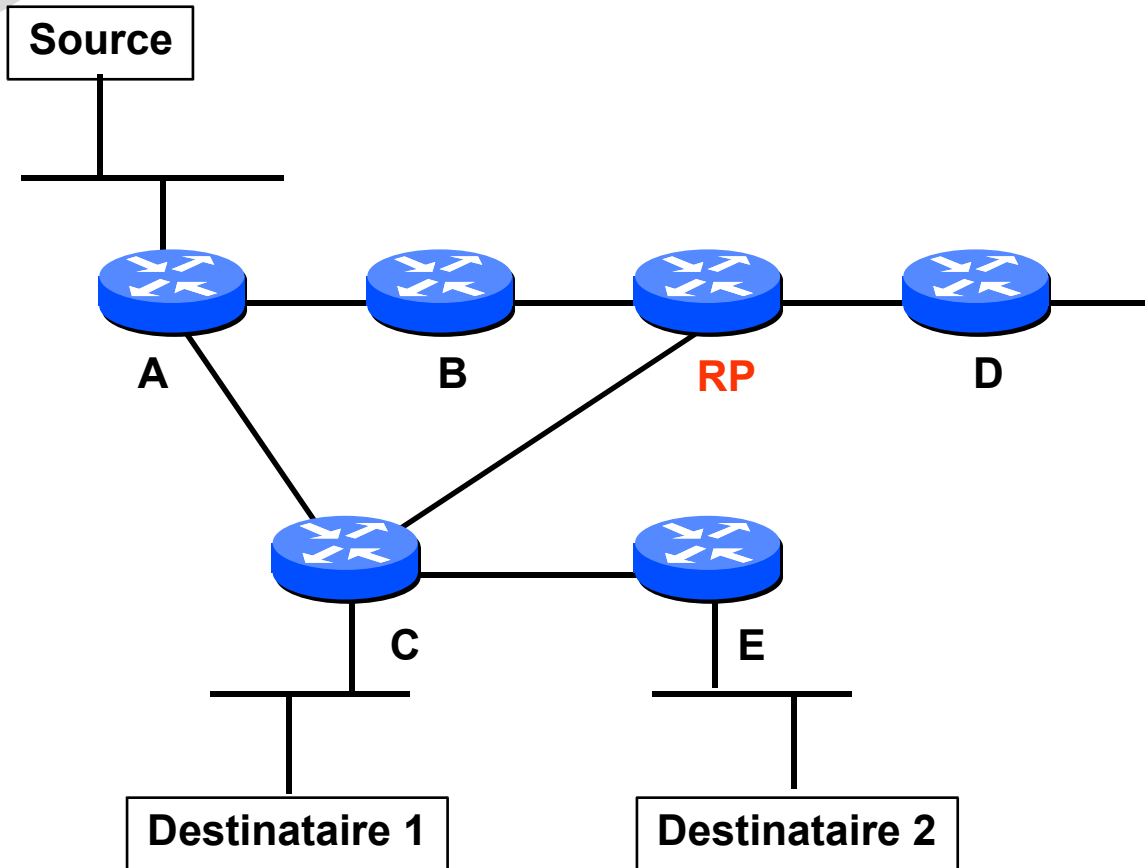
PIM : Sparse mode

- **Mode d'abonnement explicite (*Join*) :**
 - La **source** s'enregistre auprès d'un **Point de Rendez-vous (RP)**
 - Le **RP** est la racine de *l'arbre de diffusion multicast partagé (RPT)*
 - le RP est configuré statiquement ou connu dynamiquement par Auto-RP ou « candidate rp » (PIMv2)
 - Pour s'abonner le destinataire envoie un **Join** au **RP**
 - Il peut y avoir **plusieurs RP**
 - **1 groupe n'est enregistré auprès que d'un seul RP**
 - **Pas d'inondation**

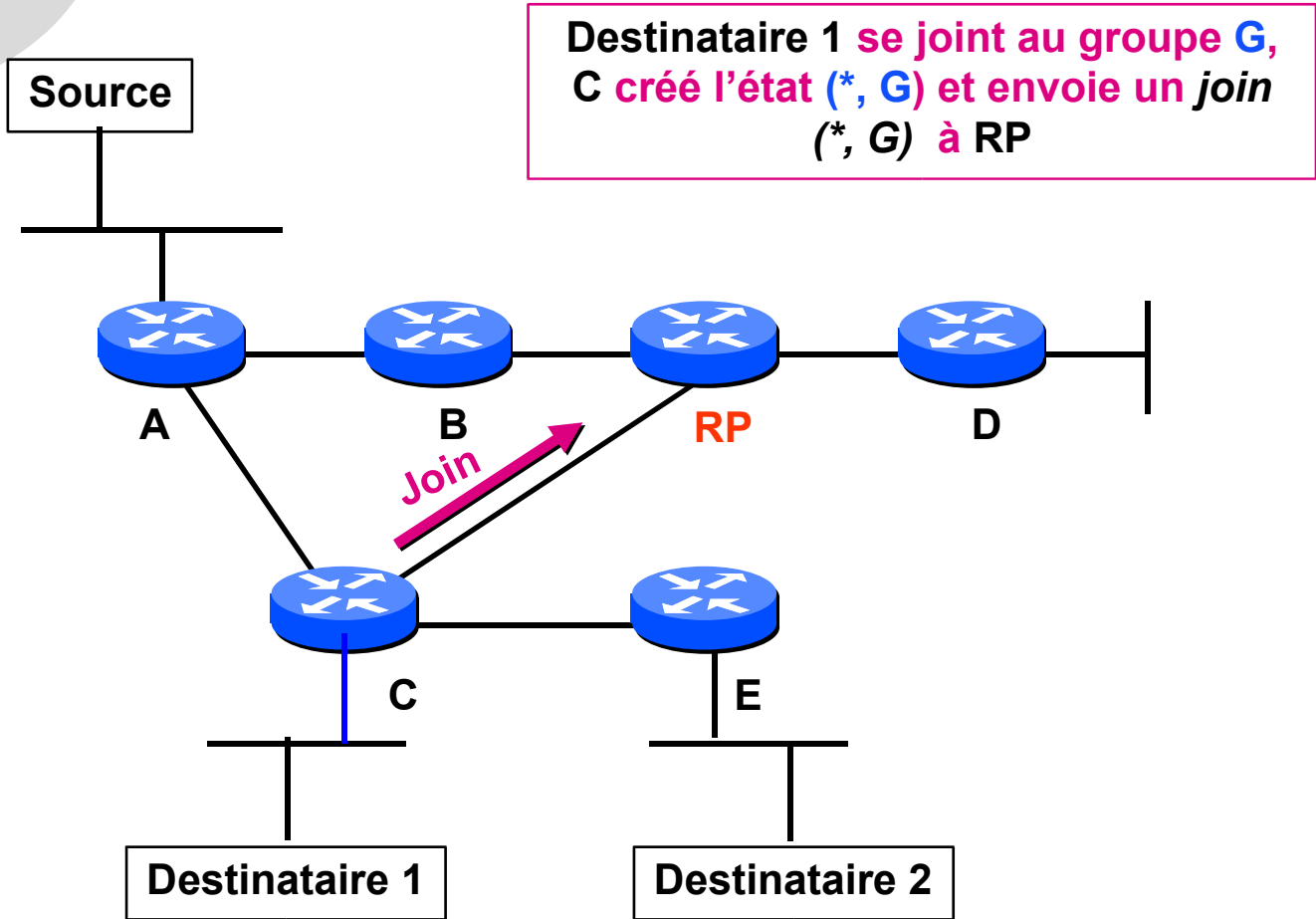
PIM : Sparse mode

- Le flux multicast parcourt l'arbre partagé (RPT) ou/puis l'arbre centré sur la source (SPT)
- les routeurs feuilles peuvent se joindre à l'arbre
- les paquets multicast ne vont que là où c'est utile
- on utilise le RP pour tester les interfaces RPF de l'arbre partagé
 - état (*,G)
- on utilise la Source pour tester les interfaces RPF de l'arbre basé sur la Source
 - état (S,G)
- les états (S,G) sont préférés aux états (*,G)

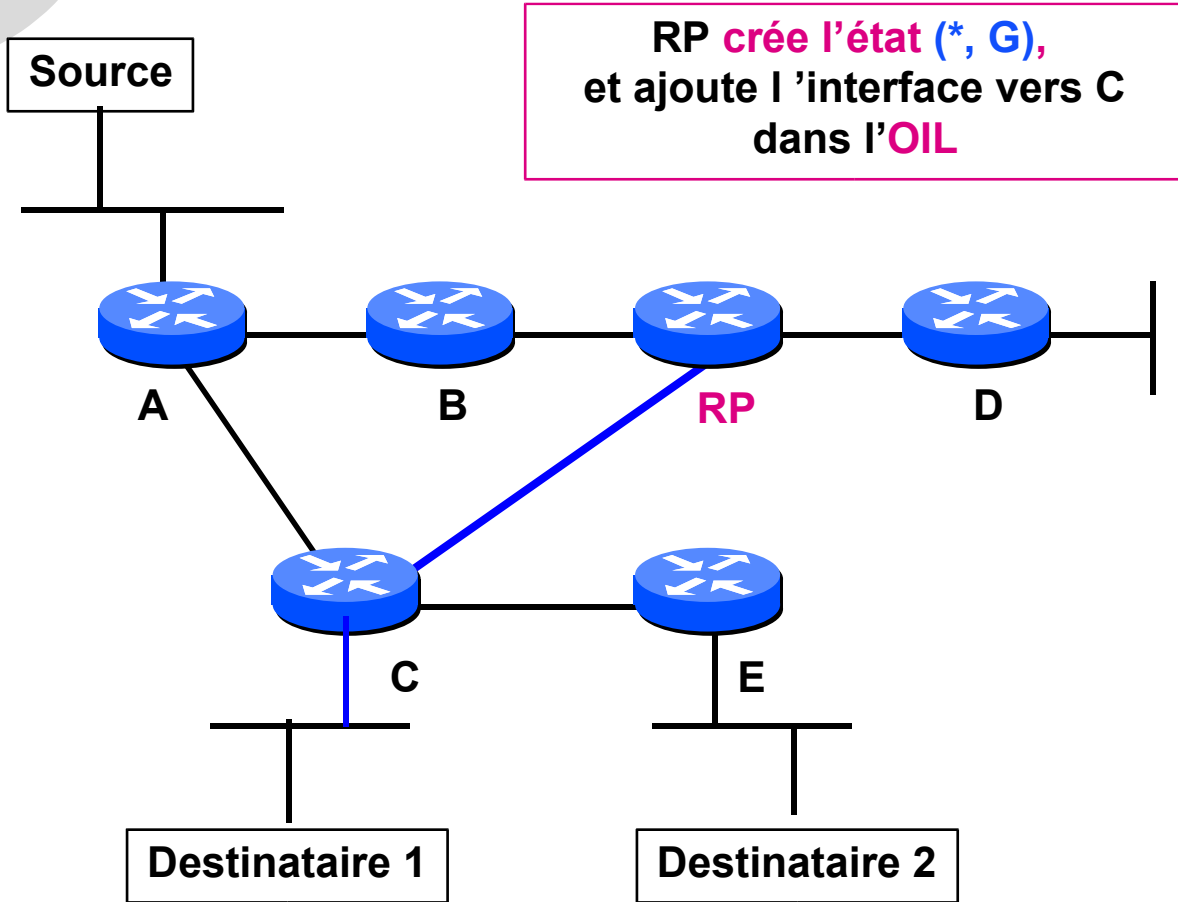
PIM, Sparse-Mode : exemple



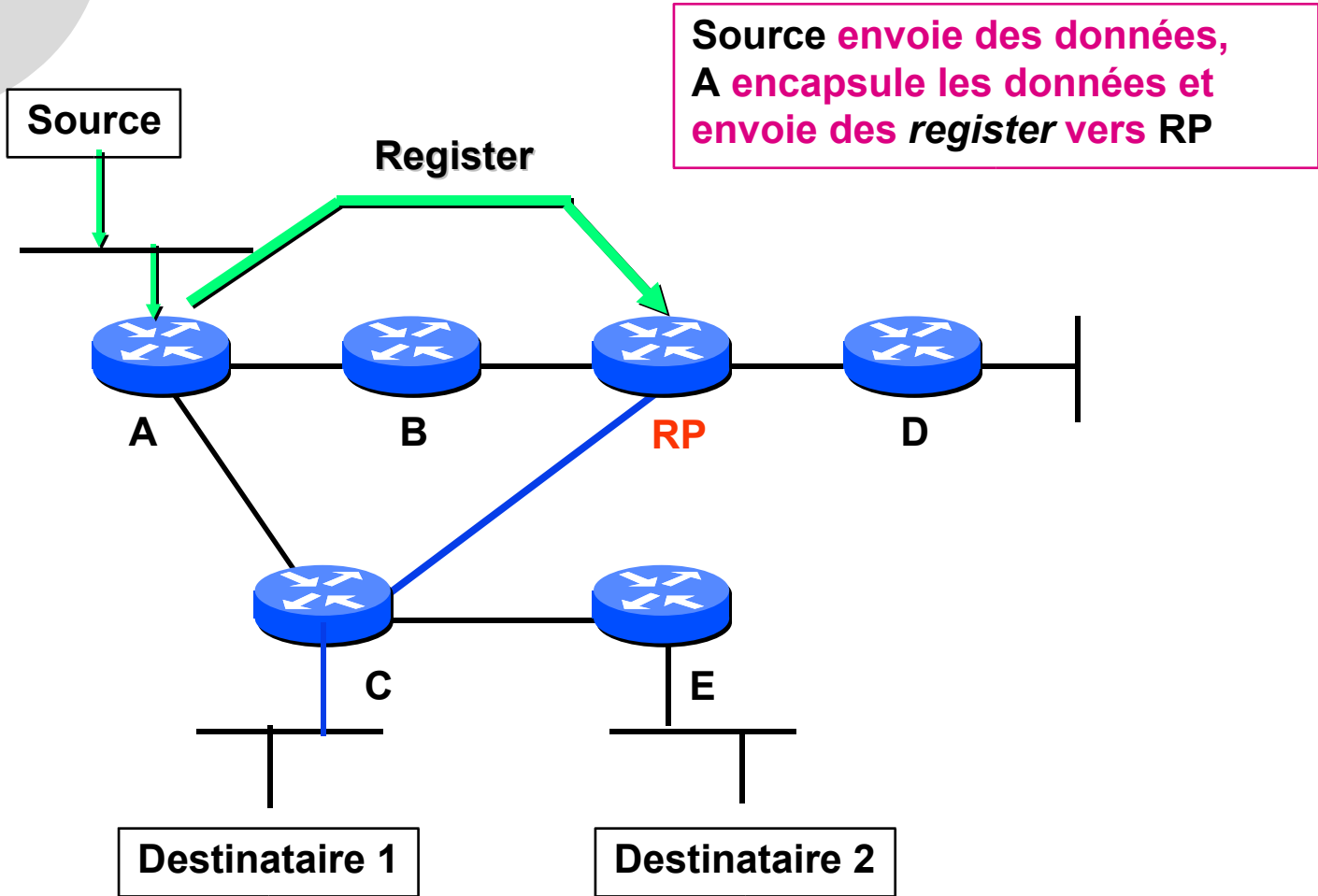
PIM, Sparse-Mode : exemple



PIM, Sparse-Mode : exemple

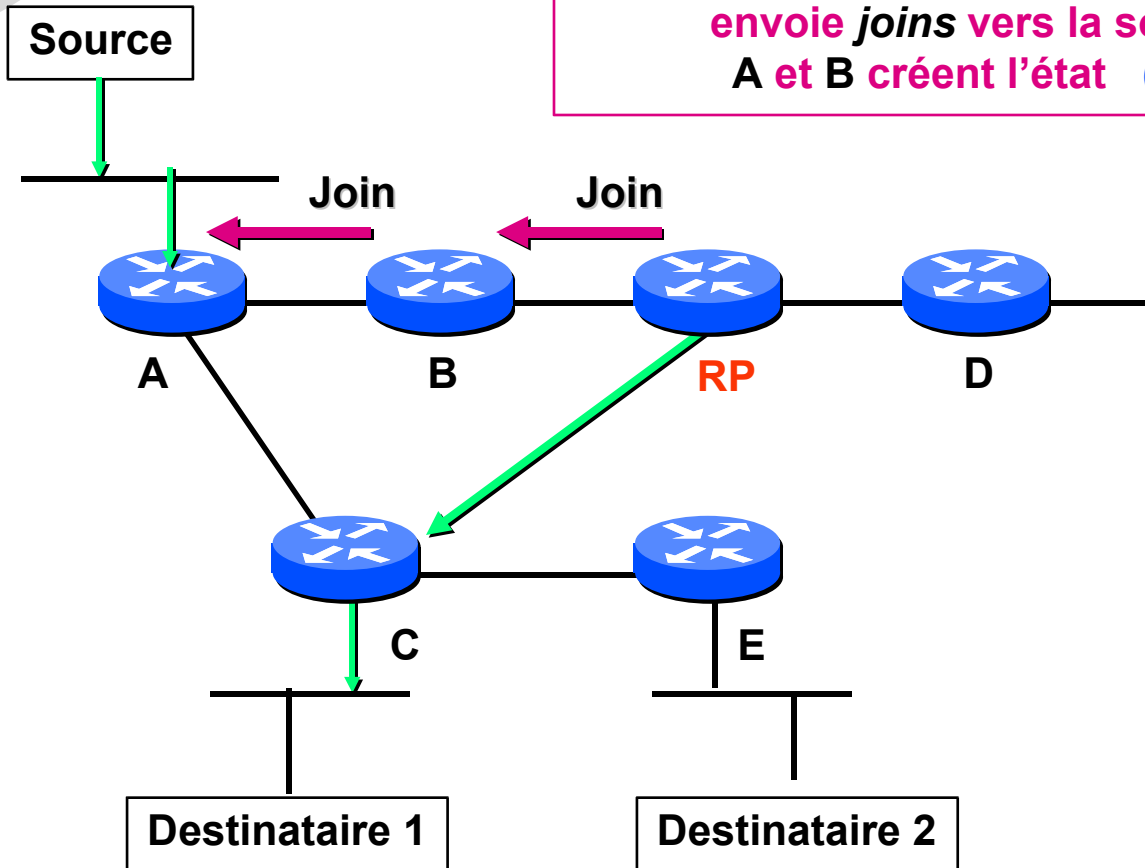


PIM, Sparse-Mode : exemple

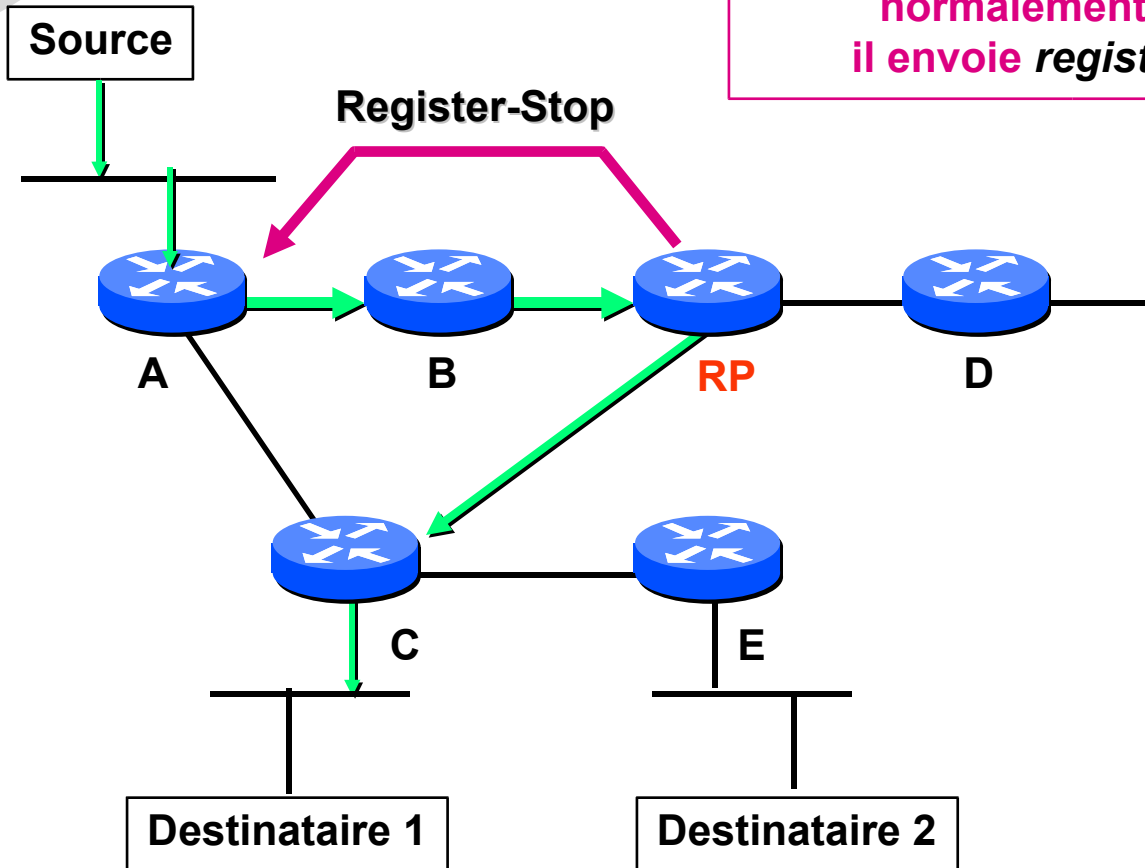


PIM, Sparse-Mode : exemple

RP crée l'état (S, G),
envoie les données sur l'arbre partagé,
envoie *joins* vers la source,
A et B créent l'état (S, G)

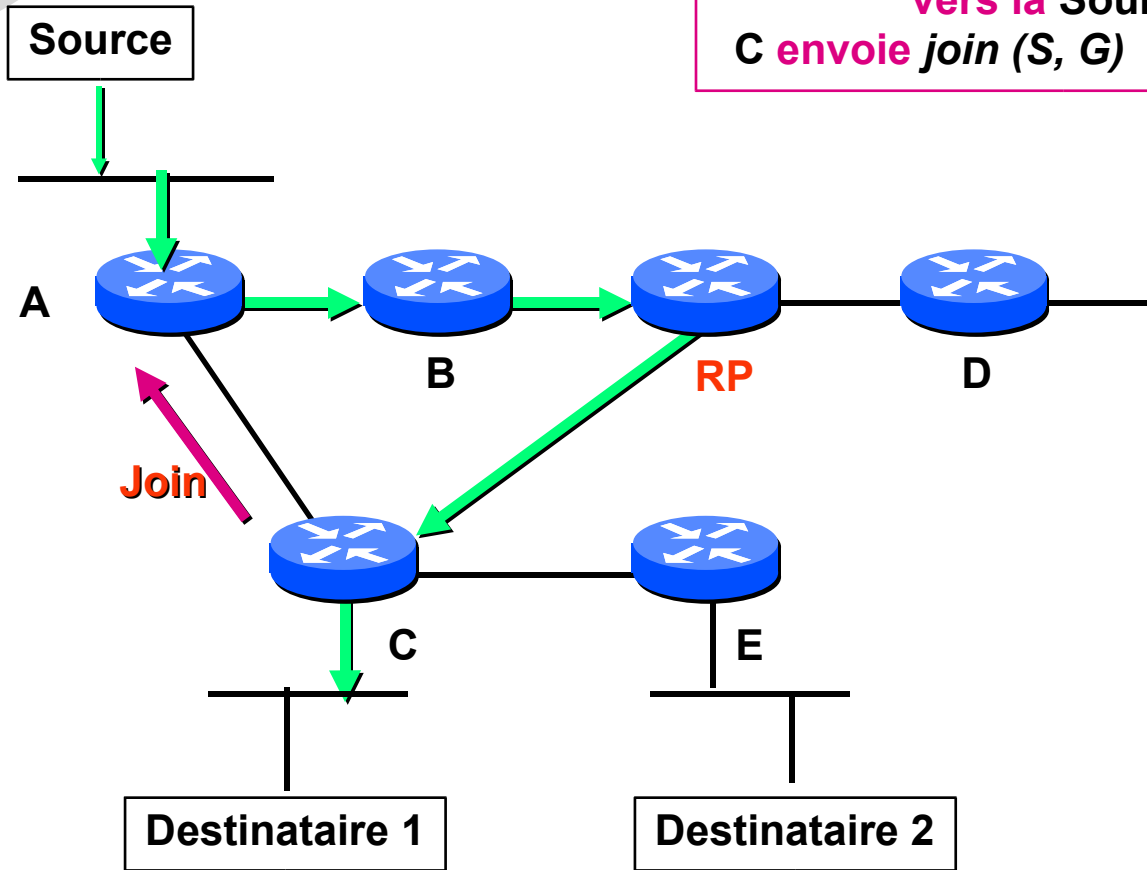


PIM, Sparse-Mode : exemple



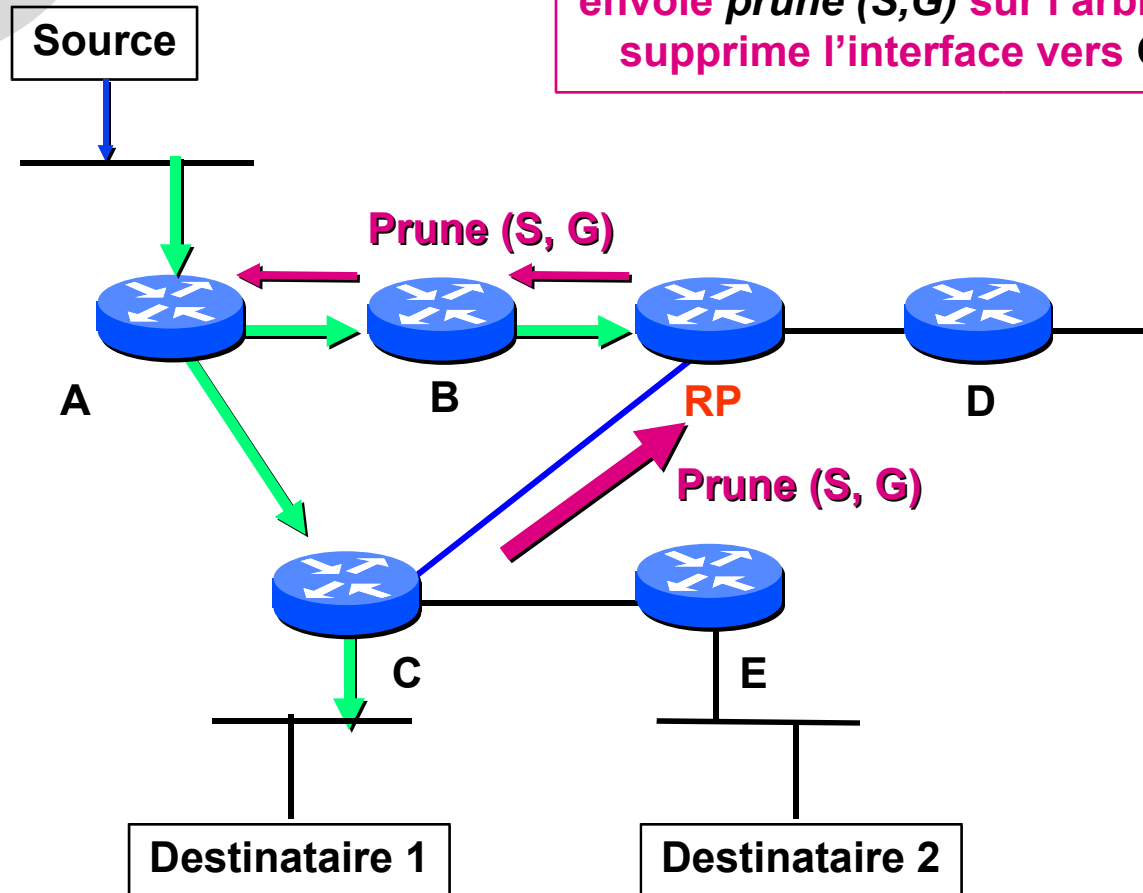
PIM, Sparse-Mode : exemple

C cherche un chemin plus court vers la Source, C envoie *join* (S, G) vers Source

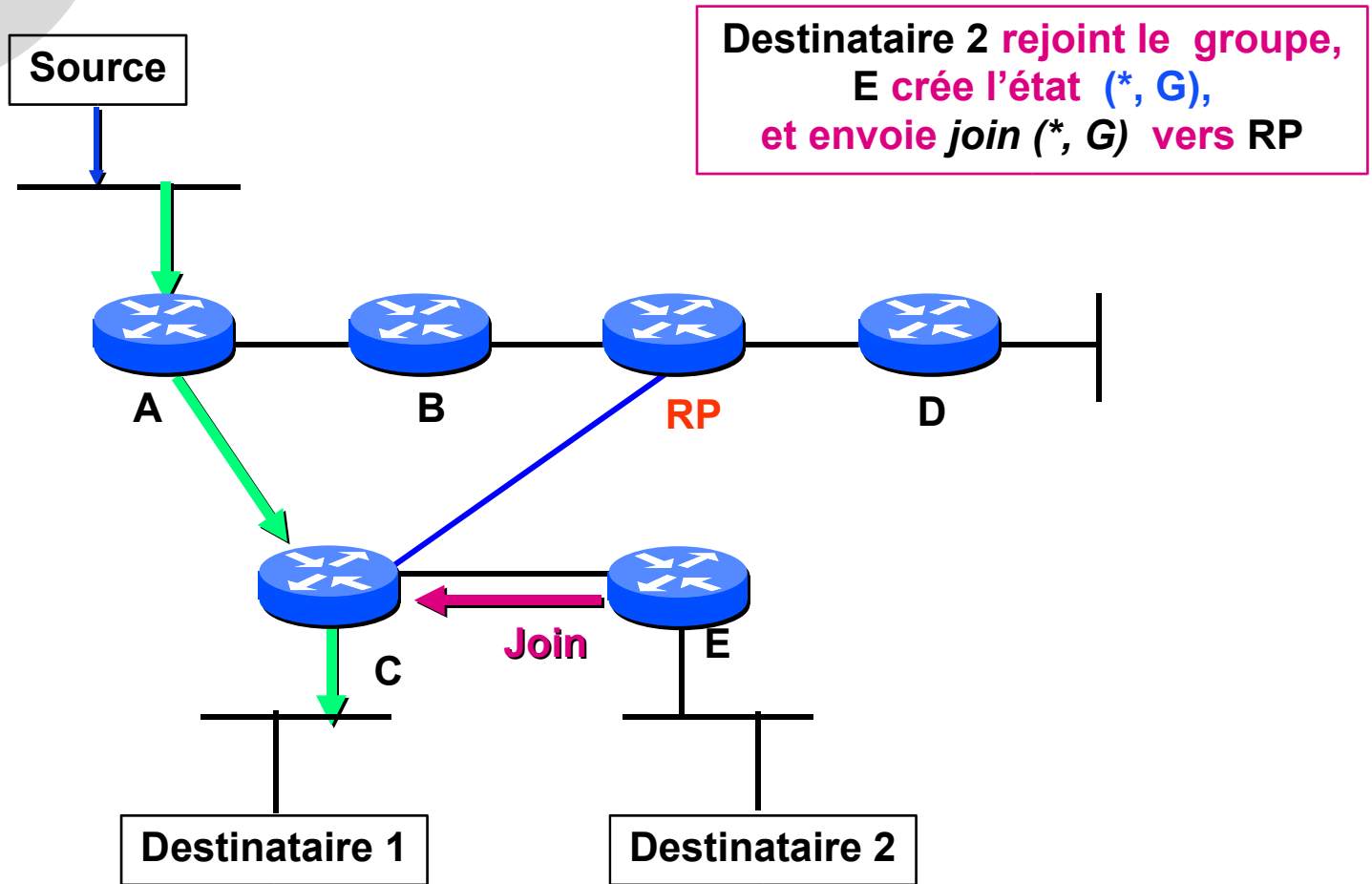


PIM, Sparse-Mode : exemple

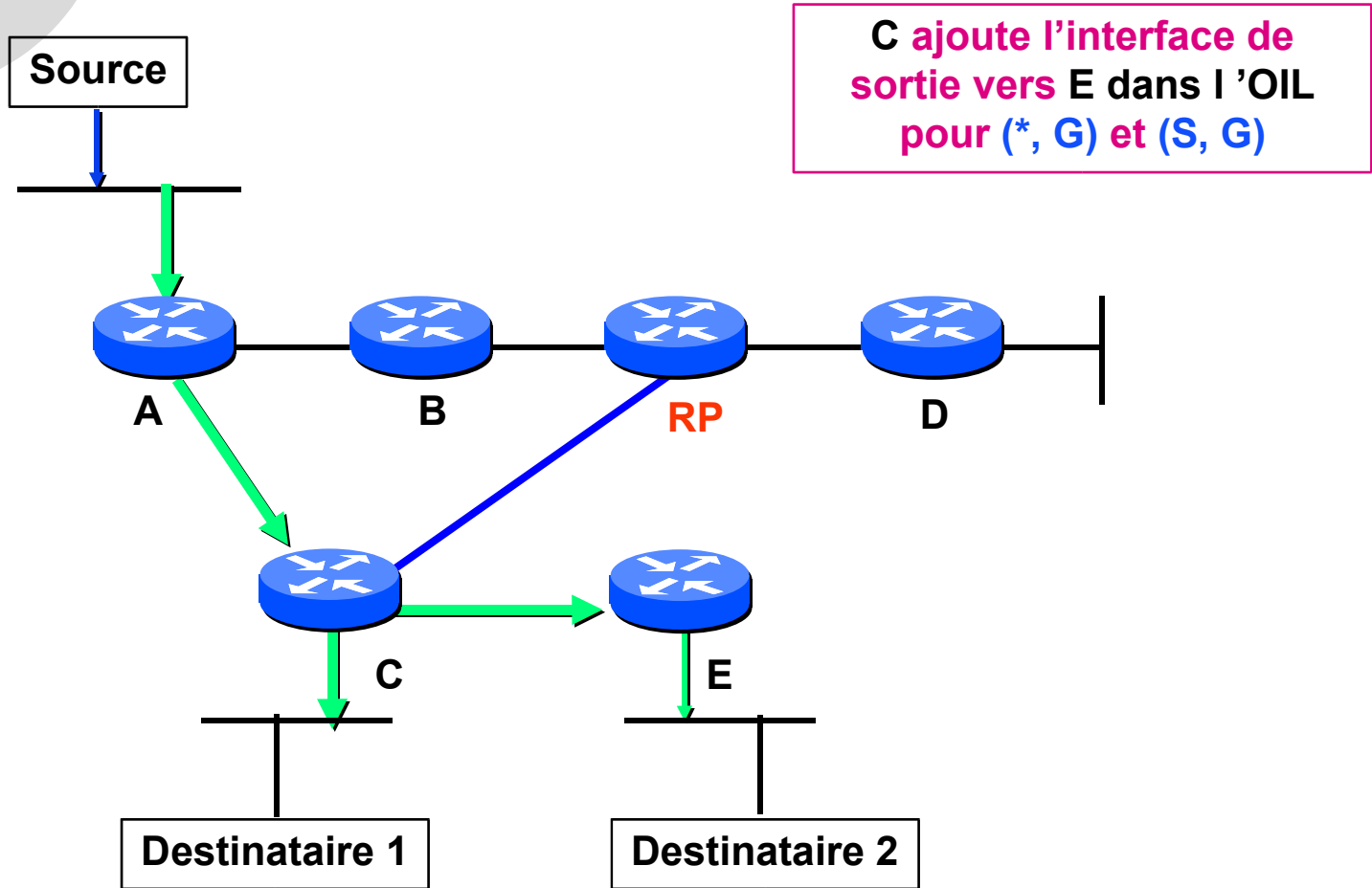
Quand C reçoit les données de S, il envoie *prune* (S,G) sur l'arbre partagé, RP supprime l'interface vers C pour (S,G)



PIM, Sparse-Mode : exemple



PIM, Sparse-Mode : exemple



PIM SDM (Sparse Dense Mode)

- **Facilité sur les routeurs Cisco**
- **Permet à une interface de se comporter soit en mode sparse soit en mode dense en fonction du groupe multicast**
 - si un RP est connu pour ce groupe : Sparse Mode
 - sinon : Dense Mode
- **Permet d'interconnecter des nuages denses (DVMRP)**
- **ou de diffuser des groupes particuliers (Auto-RP)**



B.TUY

*C
N
R
S
/
U
R
E
C*

Interactions PIM - DVMRP

Principes

- Utiliser PIM SDM (sparse dense mode)
 - permet de connecter des nuages DVMRP a des domaines PIM
 - Utiliser des tunnels sur les LAN
 - et la commande *ip dvmrp unicast routing* qui force l'échange des tables de routage DVMRP
 - Le routage vers la source (RPF) peut etre extrait de :
 - DVMRP : table de routage DVMRP
 - PIM : table de routage unicast
 - voire des mroutes statiques
- => possible probleme de routage (boucles...)**

Problemes connus

- **PIM et DVMRP sur un meme LAN (Ethernet)**
 - pas de pruning => flux continu de # 1 Mb/s
- **interconnexion de Domaines Sparse et Dense**
 - **routeur de frontiere !** (border router)
 - place du **RP**
- **versions d 'IOS :**
 - 12.0 incompatible avec mrouterd 3.9 beta 3
 - utiliser les patches disponibles pour mrouterd
 - et/ou la commande ... ?
- **PIM SDM et PIM DM sur 2 interfaces d'un meme routeur !**
=> utiliser PIM SDM sur toutes les interfaces

Solutions/recommandations

- **Chercher à deployer un protocole unique de routage multicast**
 - Sparse dense mode : détermine automatiquement le mode approprié au groupe multicast
 - et Auto-RP discovery protocol (évite les configurations manuelles et statiques du RP)
- **créer des ilots de protocoles homogenes et les etendre progressivement.**
- **Interconnecter les ilots par un routeur frontière**
- **Pour des situations complexes : MBGP est à envisager**

- **Pour approfondir :**
 - www.urec.cnrs.fr/fmbone/Fmbone-pim-dvmrp/

Organisation du routage multicast

○ Principes :

sur un campus, l'équipe réseau

- organise la redistribution des flux multicast !
 - *Mieux vaut éviter les tunnels multiples ...*
- Participe au réseau FMbone
 - *se connecter à la distribution régionale du FMbone*
- préférer **PIM S(D)M** aux tunnels quand cela est possible
- informe / **forme** les utilisateurs potentiels
 - *configuration du réseau et des applications (réglages des débits)*
 - *habitue les usagers à surveiller leurs équipements !*

Bibliographie

- **C. Huitema**
 - Le Routage dans l'Internet, Eyrolles, 1995

- **RFC 1075: DVMRP**
- **RFC 1112: IGMP-v1**
- **RFC 2236: IGMP-v2**
- **RFC 2362: PIM SM**
- **RFC 2365: Administrative Scoped Addresses**

- **<http://www.univ-valenciennes.fr/CRU/doc-mbone.html>**
- **<http://www.urec.cnrs.fr/fmbone/>**
- **<ftp://ftpeng.cisco.com/ipmulticast>**