

*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**

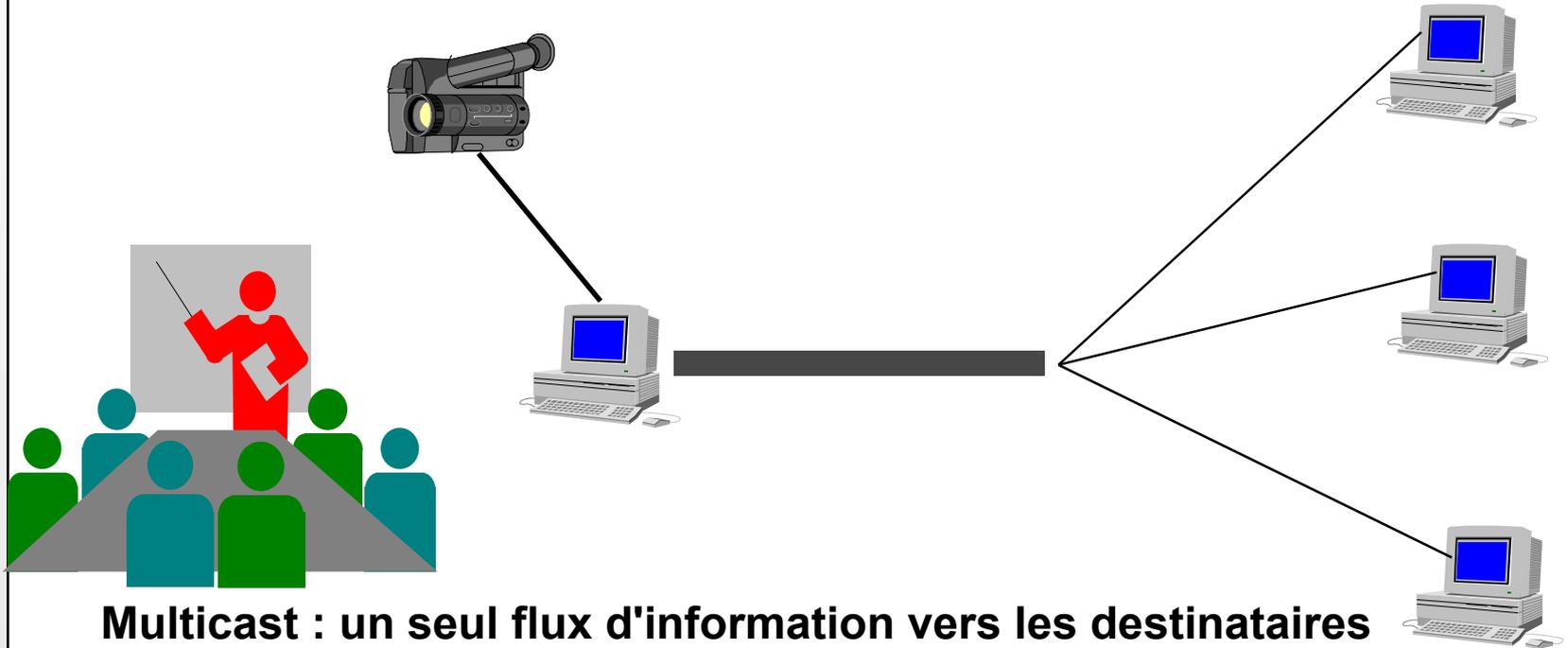
# Définitions

- **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

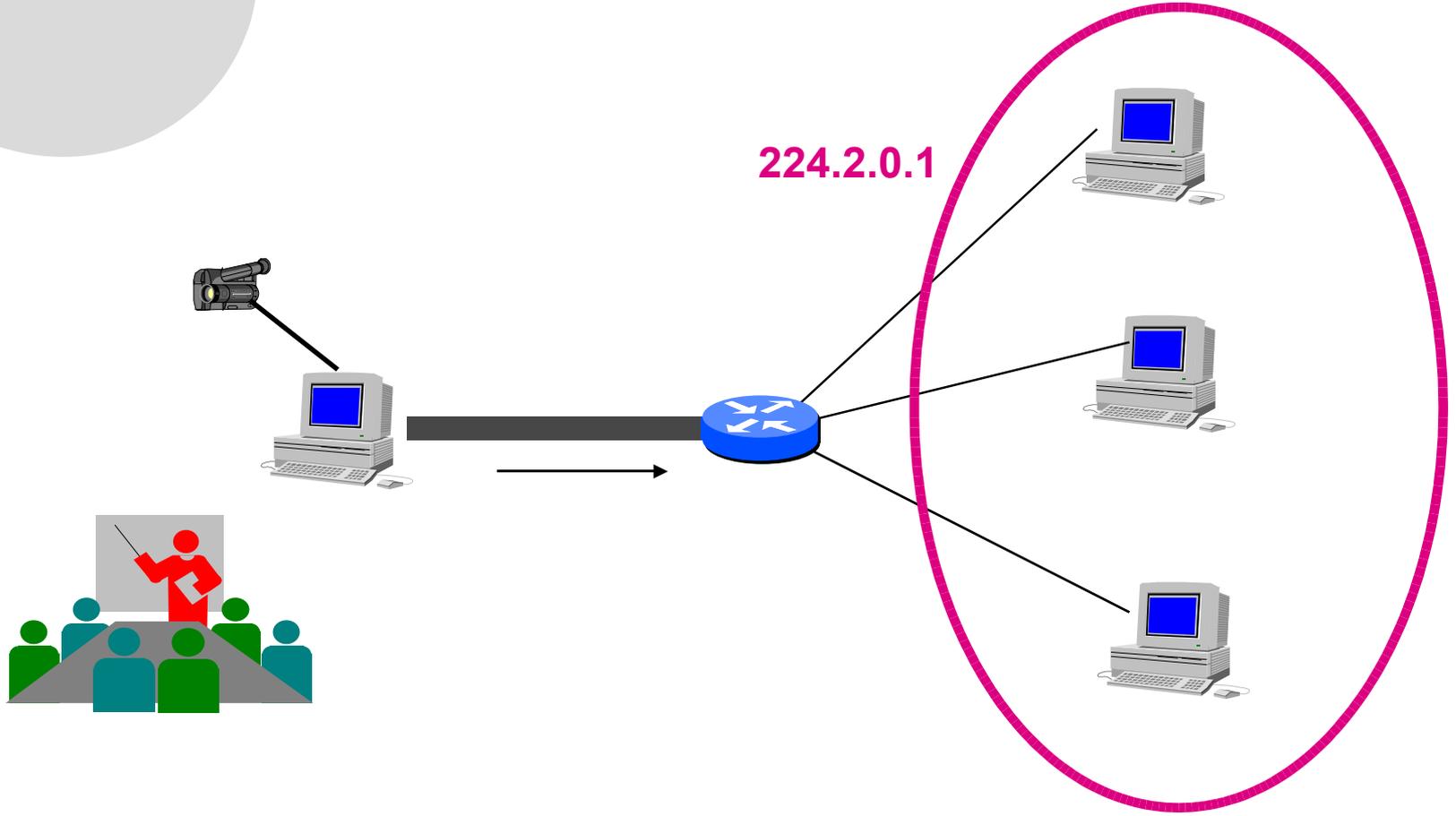
- **Unicast** : vers un seul destinataire
- **Broadcast** : vers tous les équipements du **LAN**
- **Multicast** : vers tous ceux qui appartiennent au même groupe multicast
  - qui se sont "abonnés" à ce groupe

# Exemple : téléseminaire



**Multicast : un seul flux d'information vers les destinataires**

# 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*

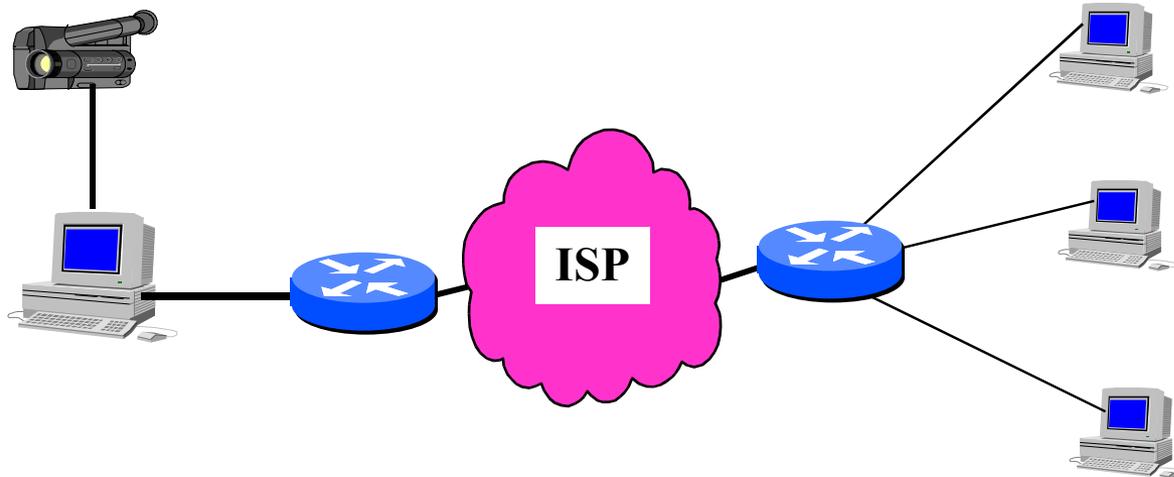
## Adresses multicast réservées : exemples

- **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

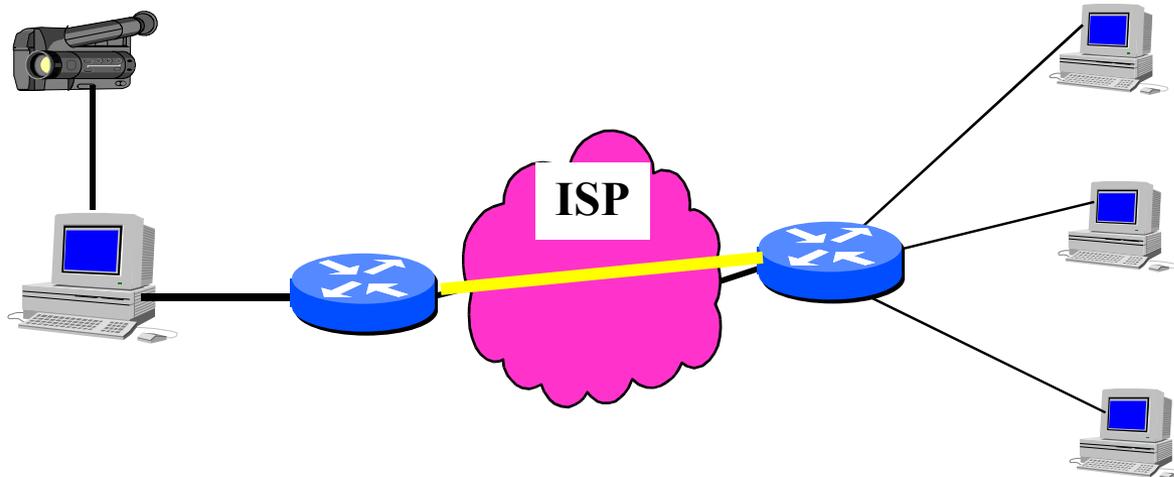
- **Dynamique via des outils de type SDR**
  - 224.2.x.y
  - 239.x.y.z
- **manuelle (déconseille)**
- **ne demandez pas a votre ISP !**
- **RFC 2365 : Administratively scoped IP Multicast**

# Topologies des réseaux Multicast



Réseau multicast natif

## Topologies des réseaux Multicast (2)

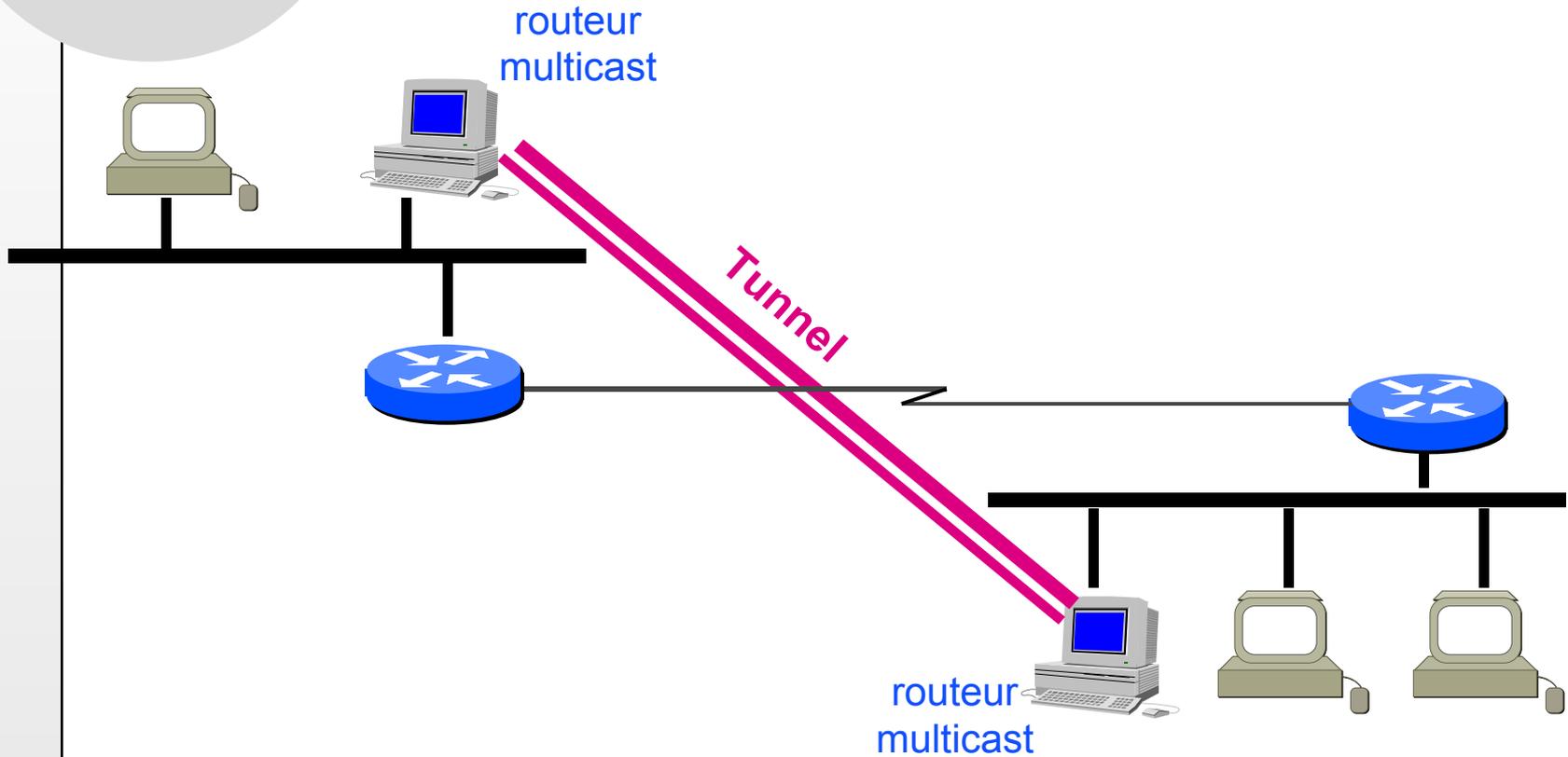


Réseau ne supportant pas les paquets multicast  
=> établissement de **tunnels**

# 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,...

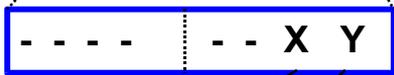
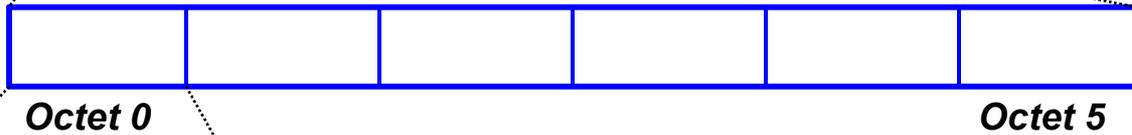
# Algorithme de transmission d'un datagramme multicast

- 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

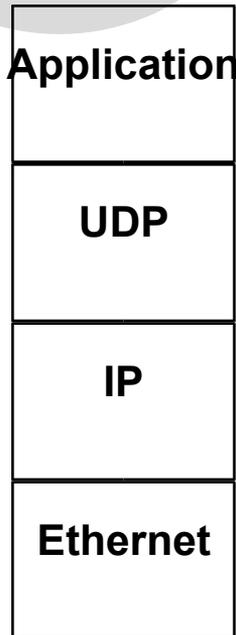


0	1
0	5
0	9
0	D

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

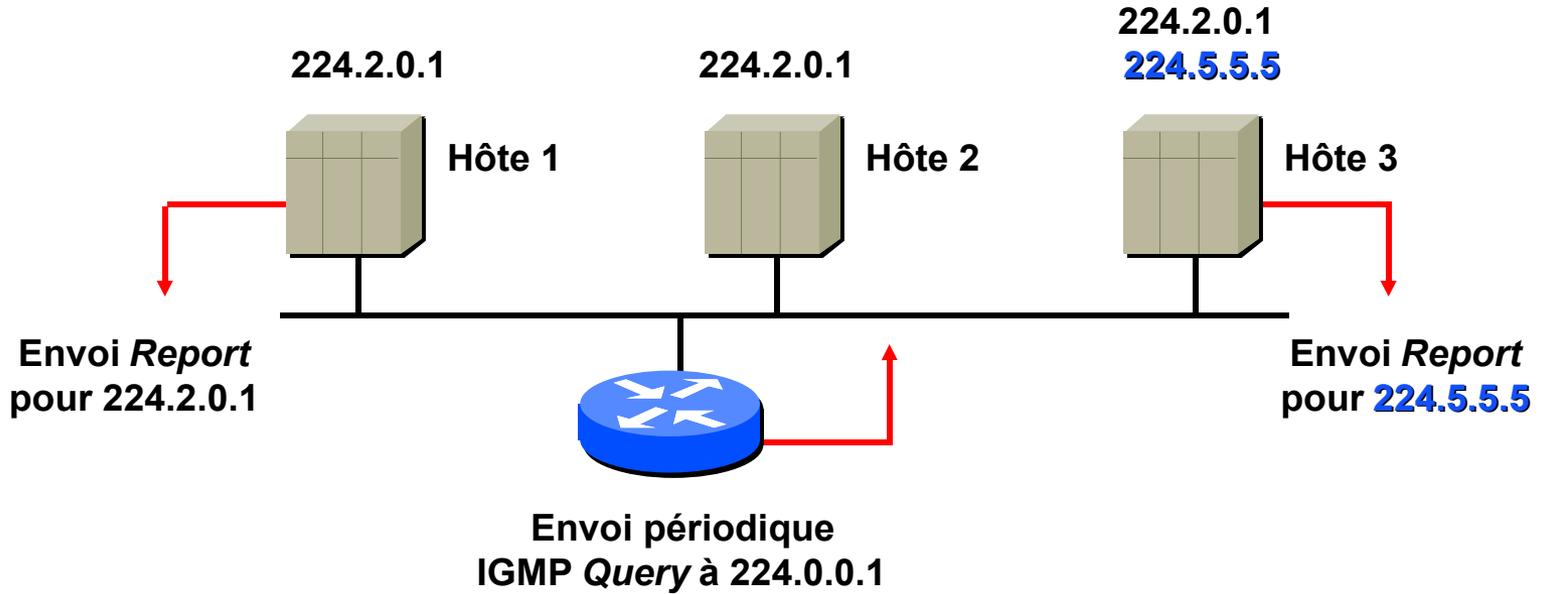
# IGMP: un seul routeur sur le LAN

- **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



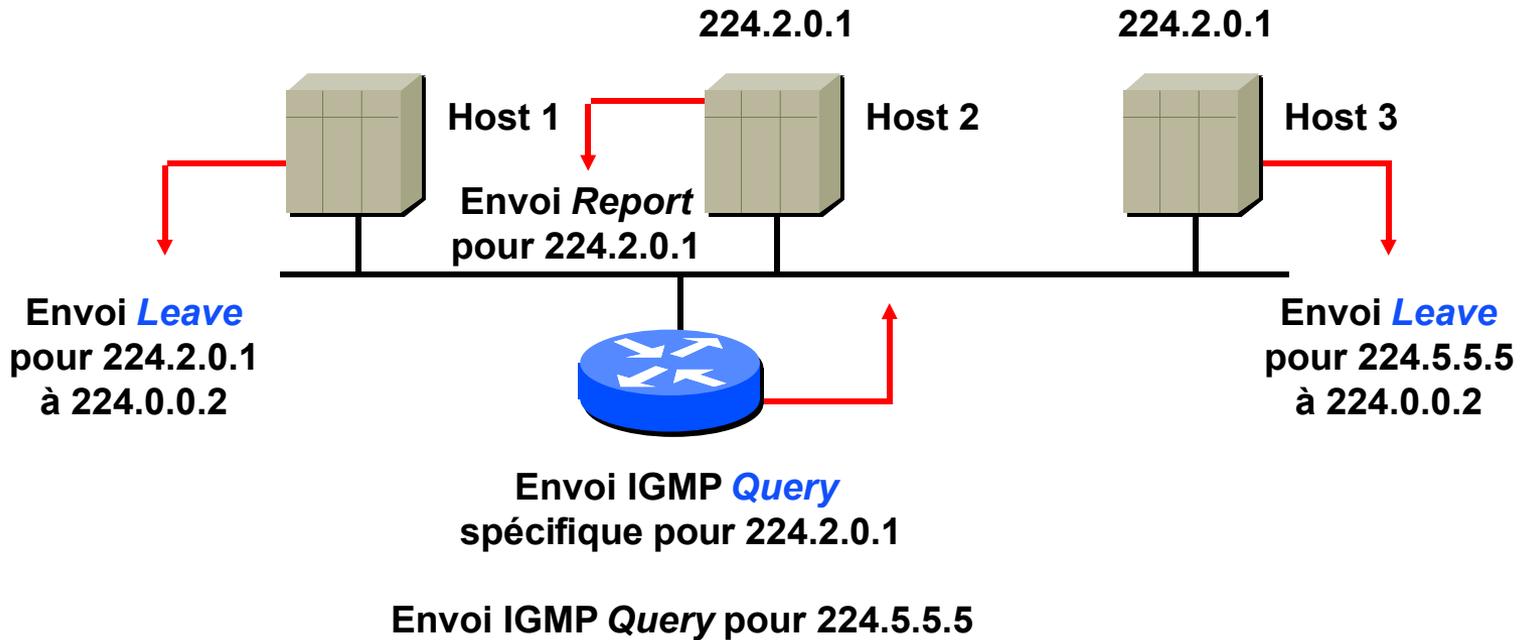
# IGMP : plusieurs routeurs sur le LAN

- **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)

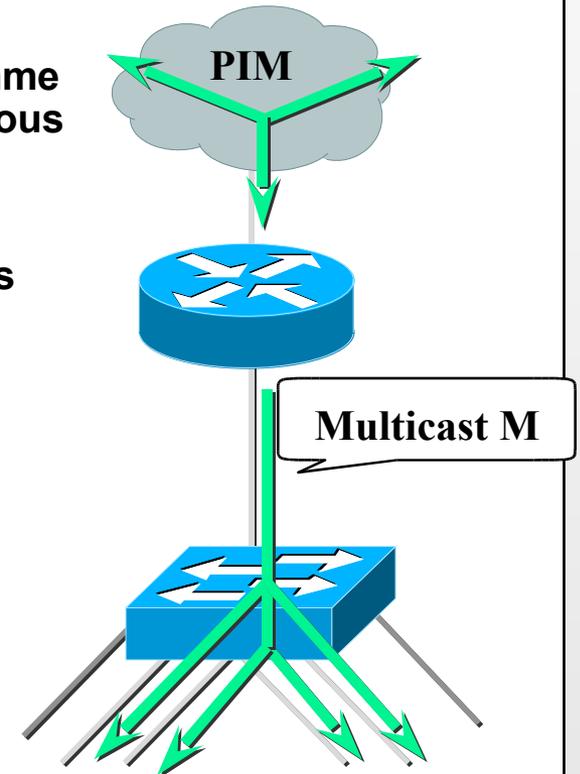
### ○ Sparse mode

- 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

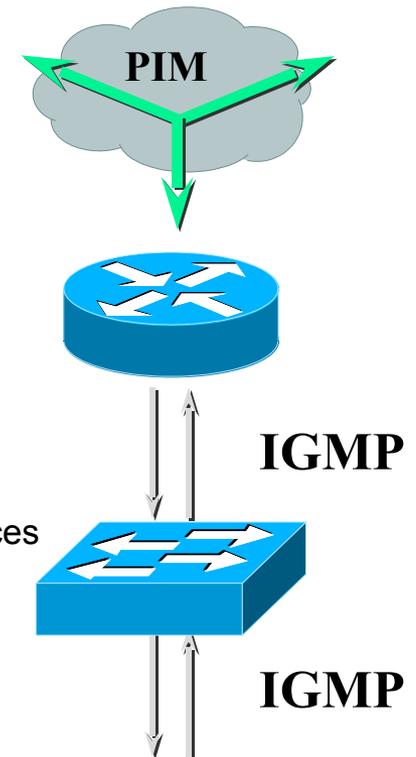
- Certains commutateurs traitent le trafic multicast comme inconnu ou comme broadcast et envoie la trame sur tous les ports
- des entrées statiques peuvent parfois etre configurées pour preciser quels ports doivent commuter quel(s) groupe(s) multicast
- La configuration automatique des ces entrées réduit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



# Commutation des trames multicast (2)

## Solution 1: IGMP Snooping

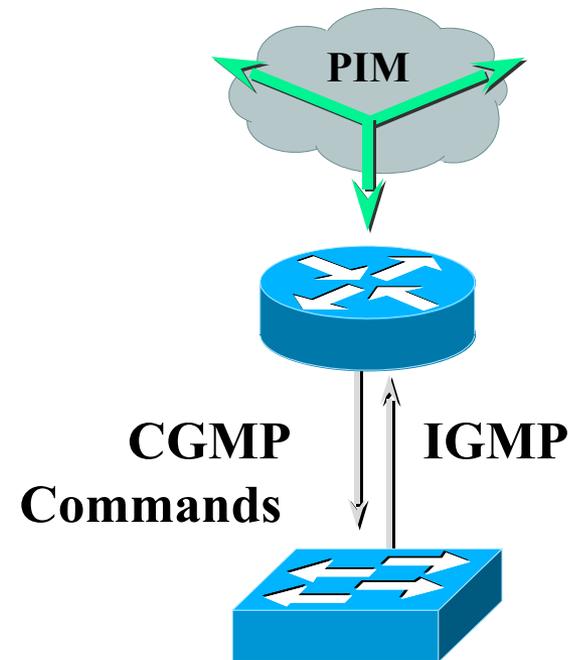
- les paquets IGMP sont interceptés par le processeur ou par un ASIC spécifique
- Le commutateur doit examiner le contenu des messages IGMP pour déterminer quels ports veulent quels trafics
  - IGMP membership reports
  - IGMP leave messages
- Impact sur le commutateur :
  - doit traiter TOUTES les trames 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**

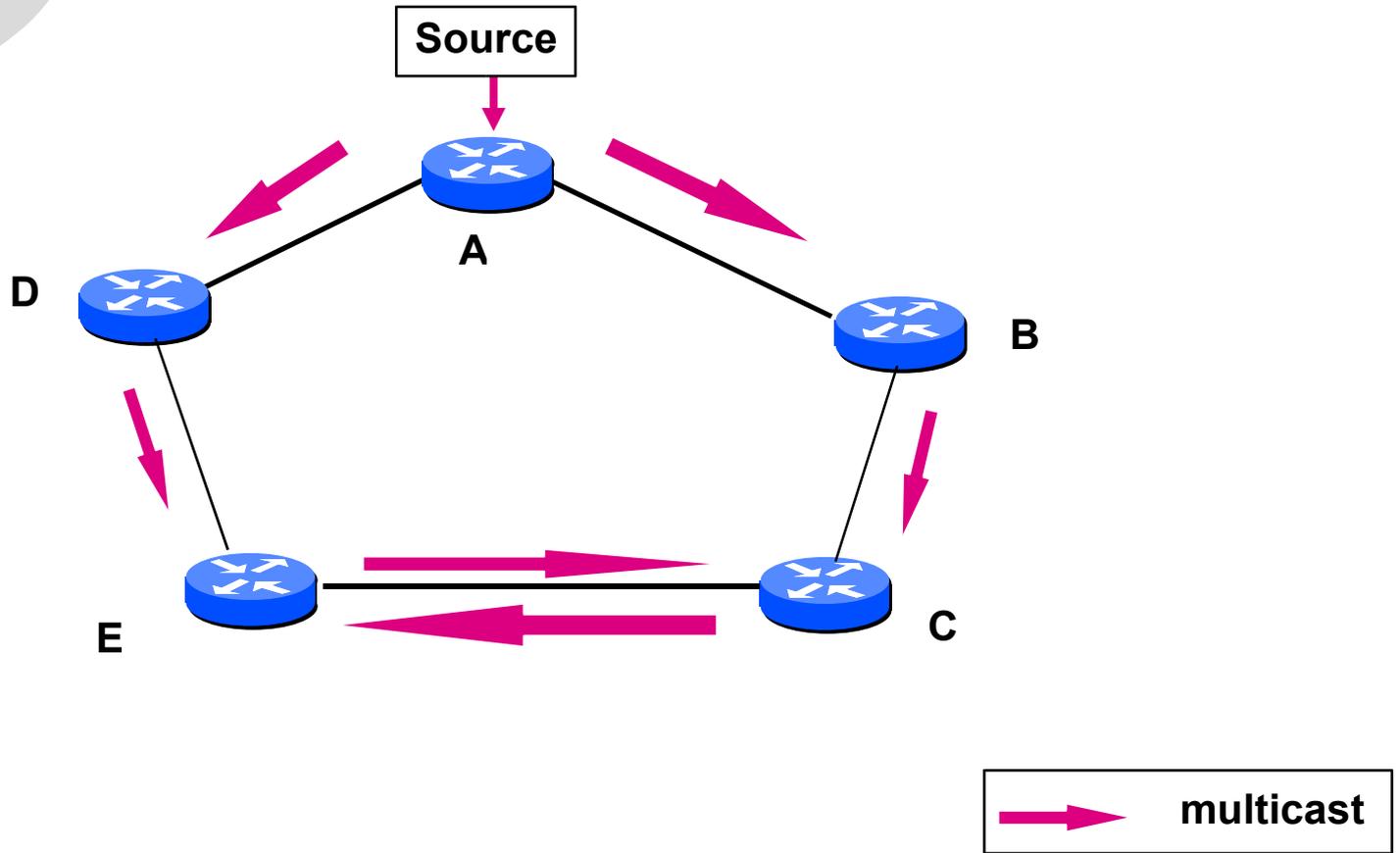
# DVMRP : généralités

- **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

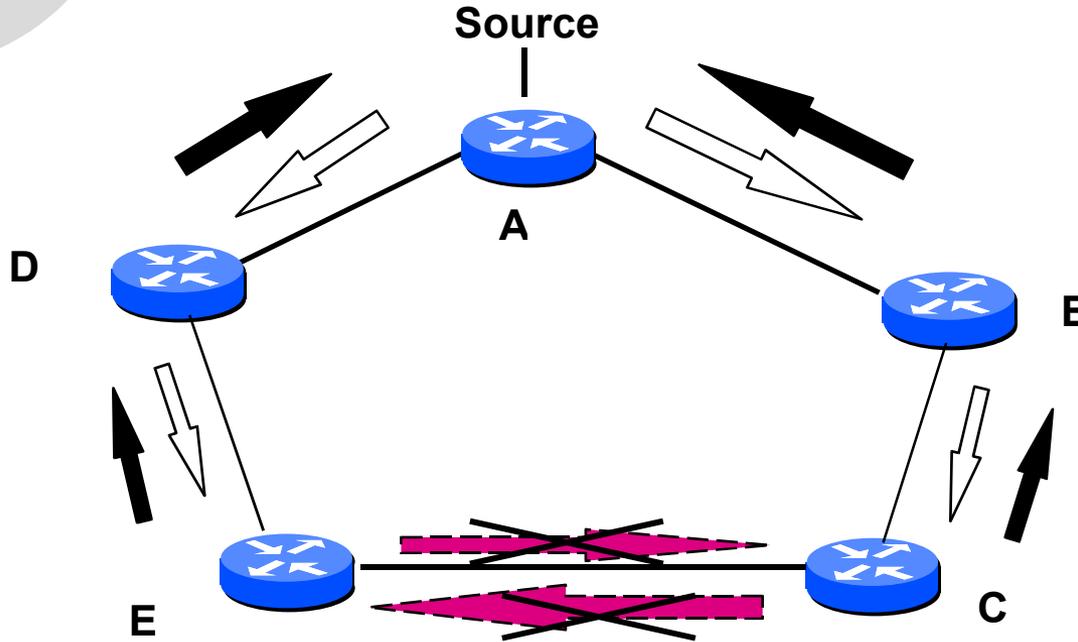
# Reverse Path Forwarding (RPF)

- **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**

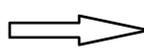
# Reverse Path Forwarding (RPF)



# Reverse Path Forwarding (RPF)



 Paquets multicast non retransmis

	unicast
	multicast

# Routage DVMRP

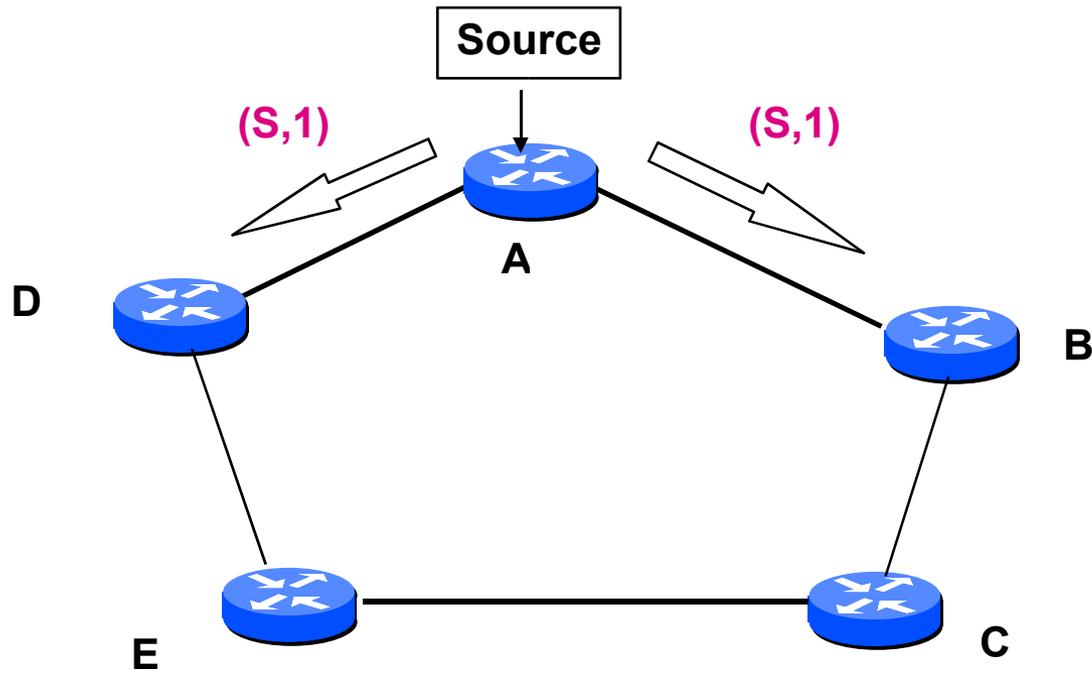
- **DVMRP utilise son propre routage unicast**
  - (variante de RIP)
  - pour déterminer son critère RPF et
  - sa décision de transmettre un datagramme multicast
  
- Le routage Unicast est nécessaire pour localiser les Sources multicast
  
- **les paramètres du protocole**
  - le **nombre de sauts (*hops*)**, les **métriques** et les **seuils (*Threshold*)**

le seuil indique si un datagramme multicast peut être réémis.

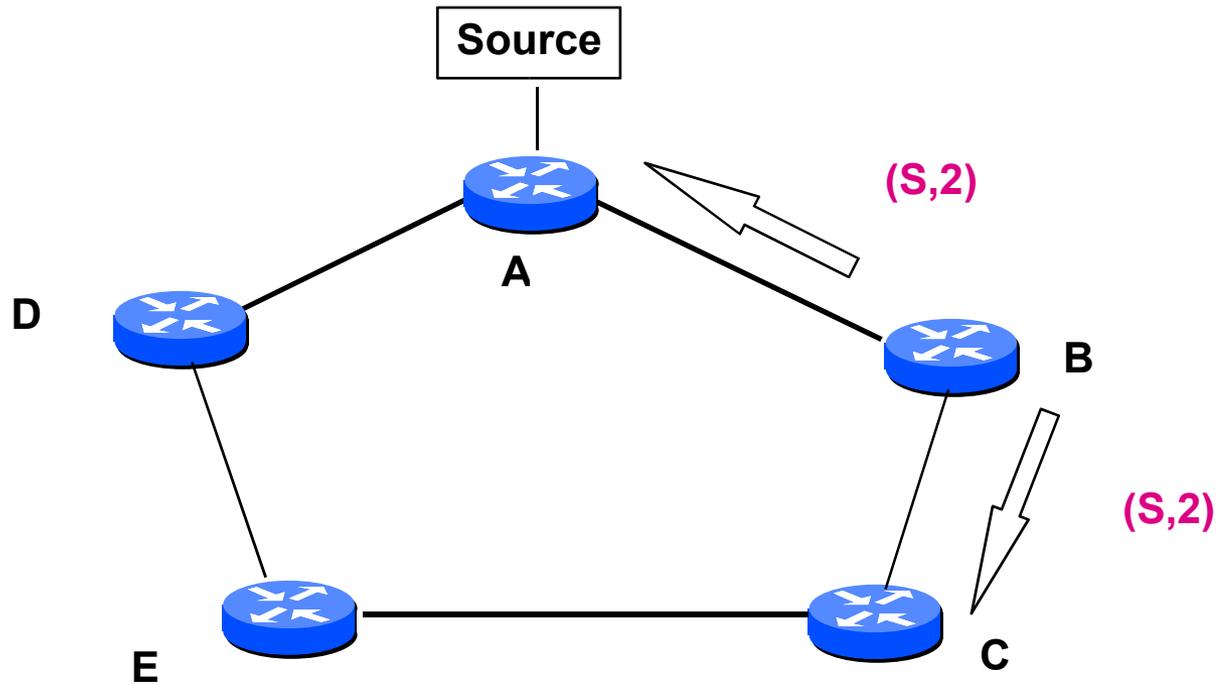
# Routage DVMRP

- **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)



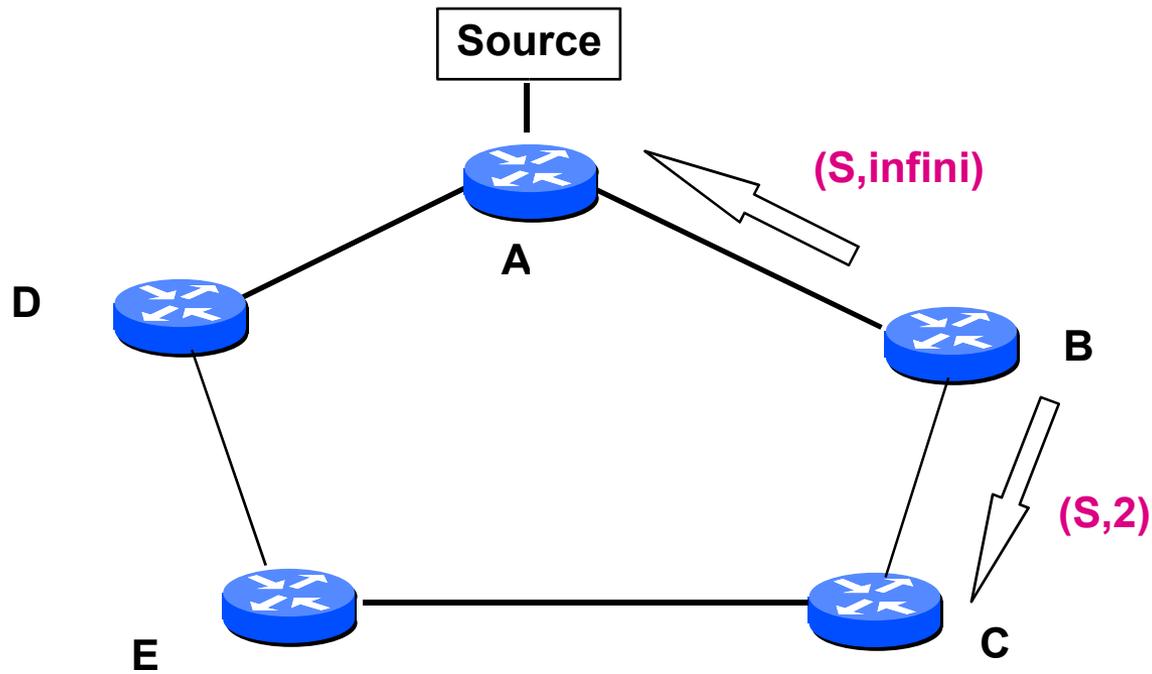
# Poison Reverse

- **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

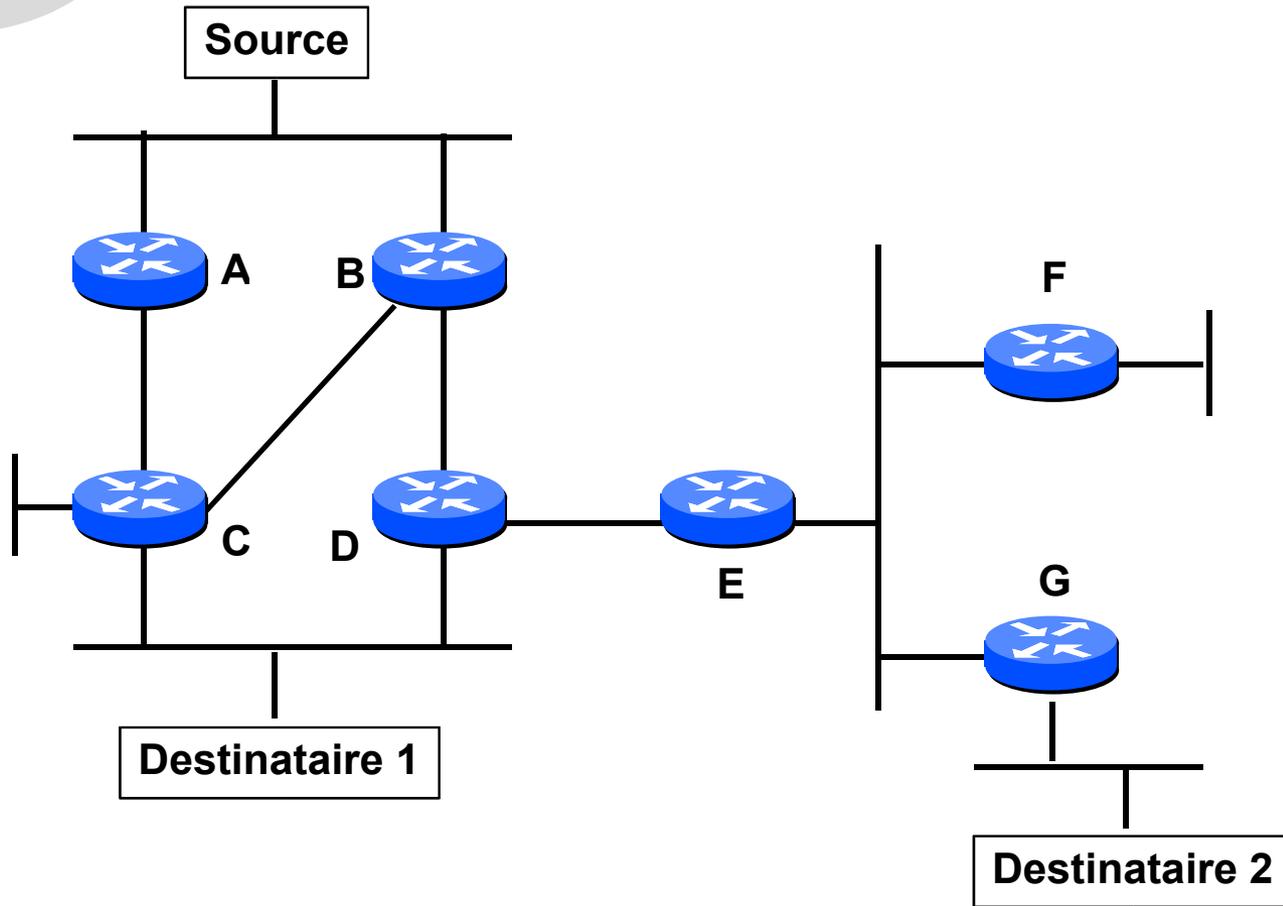
## ○ Elagage :

- le routeur multicast n'a plus de recepteurs 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

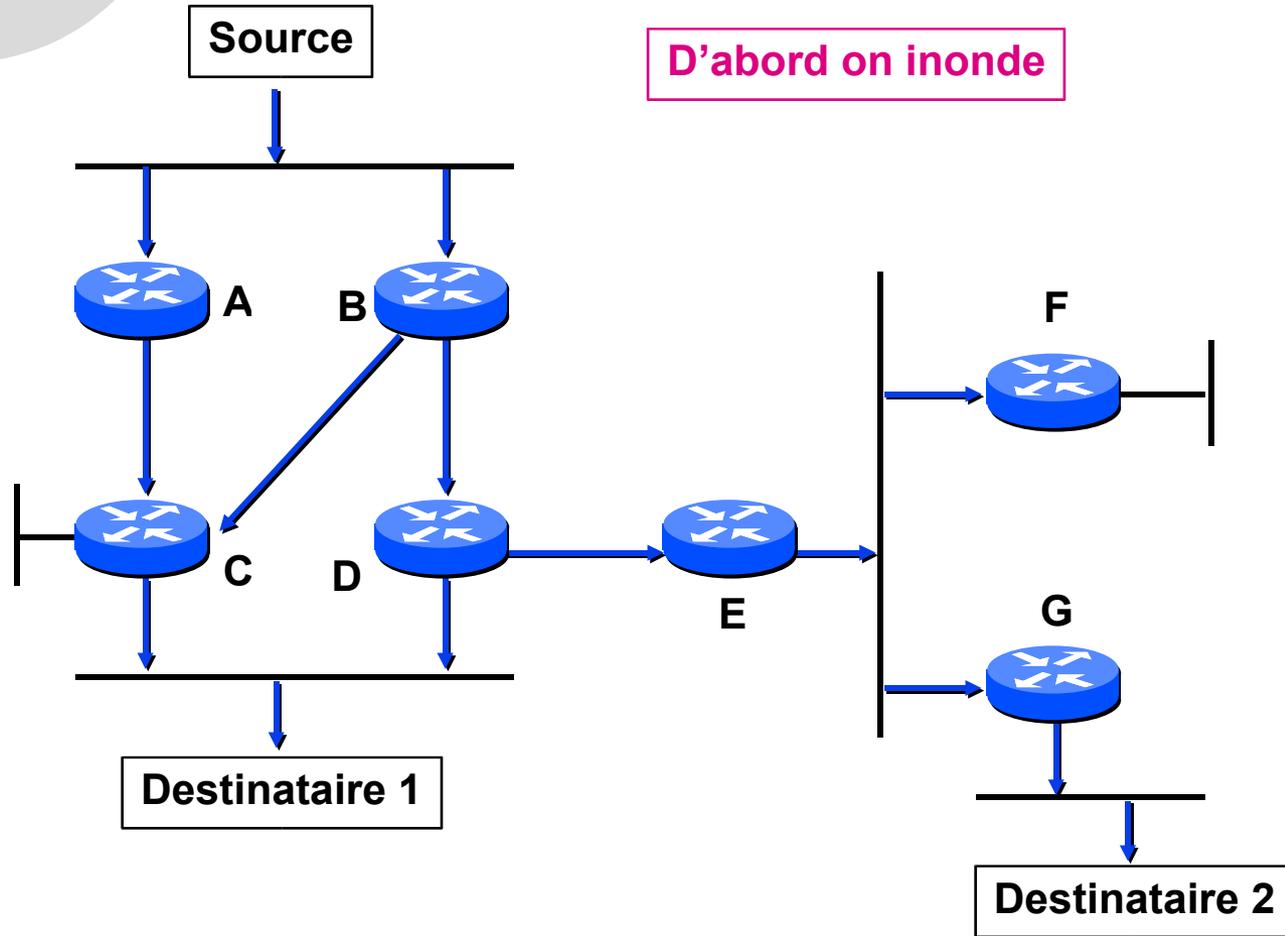
## ○ Greffe :

- 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

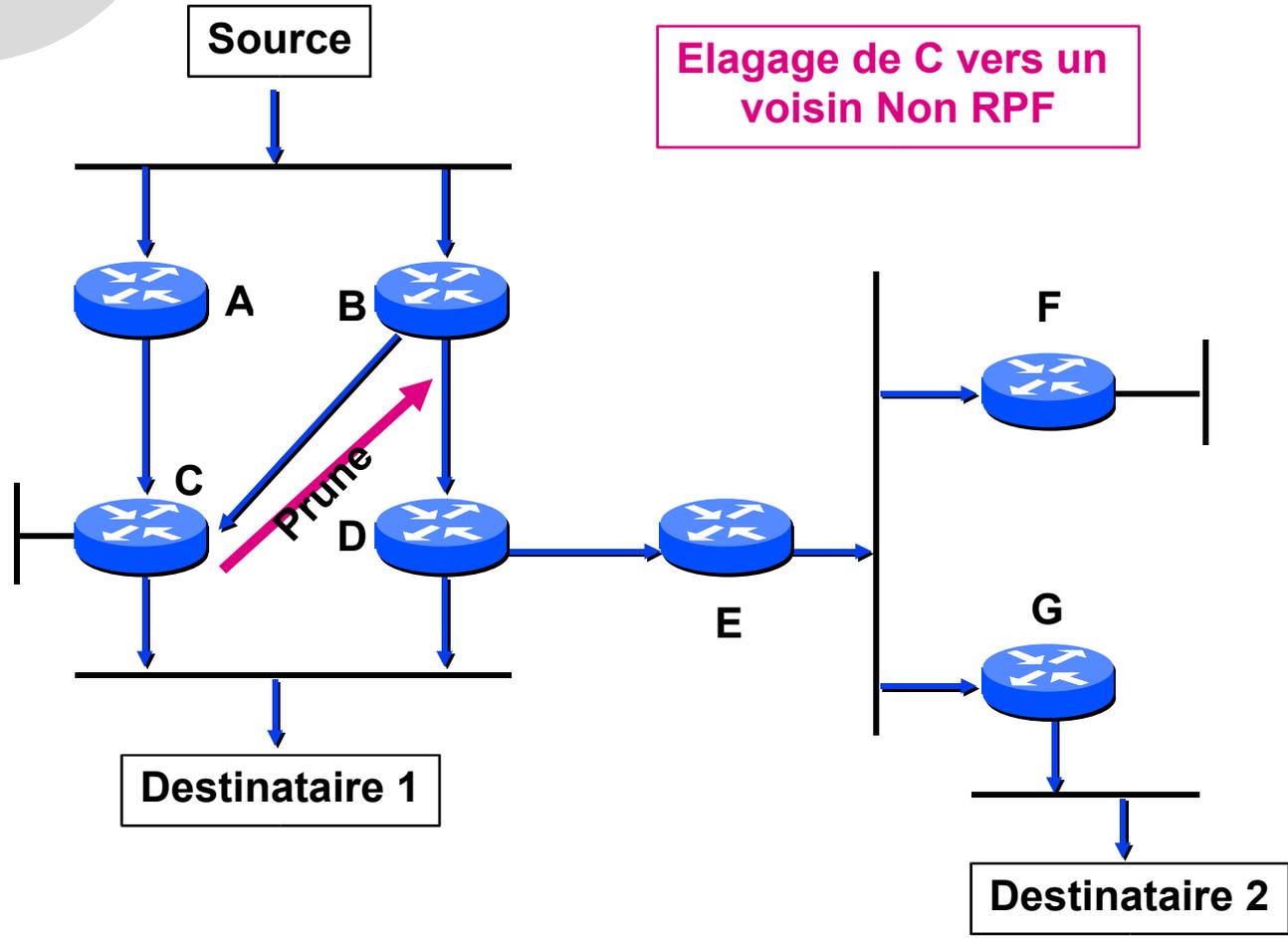
# PIM, Dense-Mode : exemple



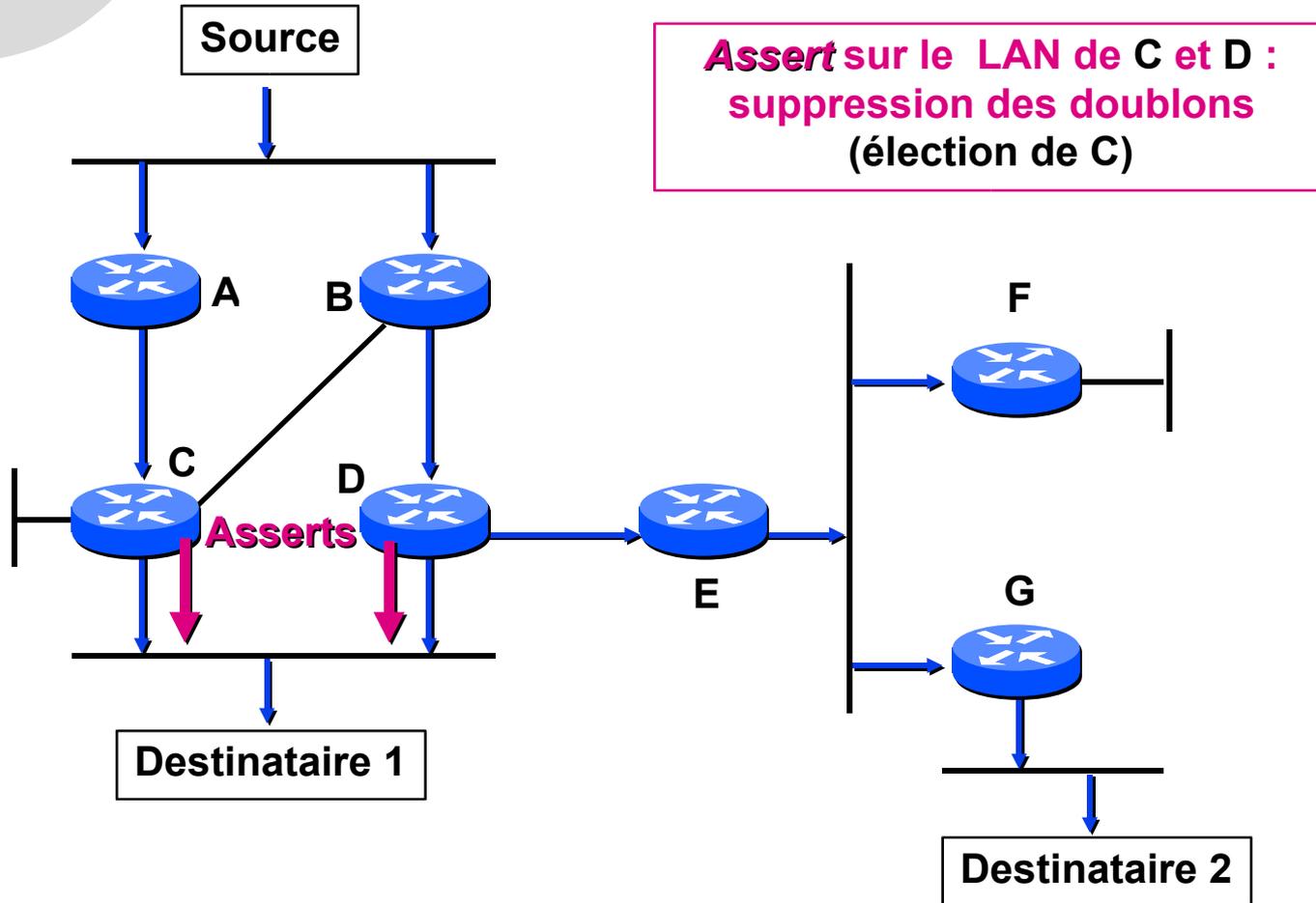
# PIM, Dense-Mode : exemple



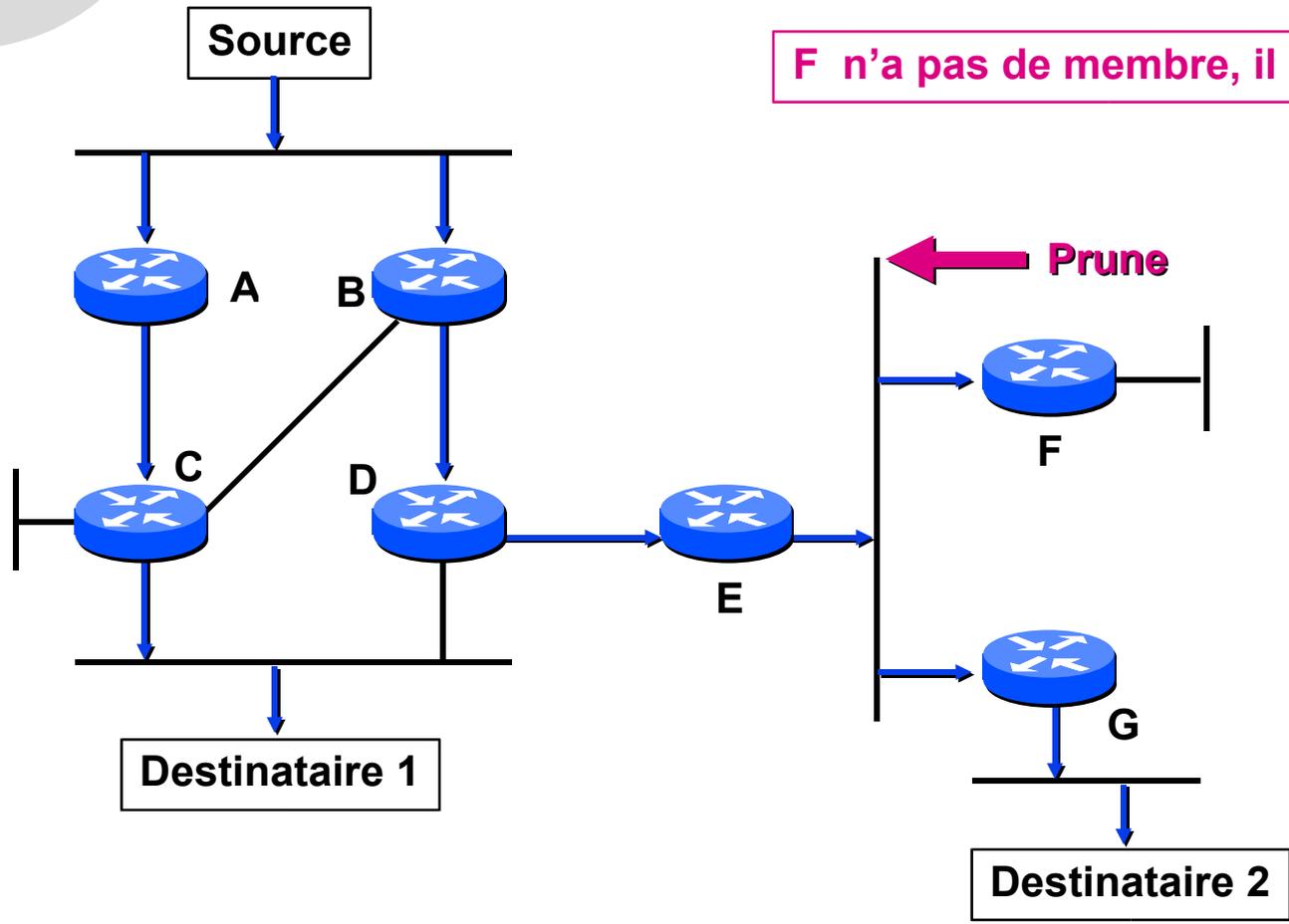
# PIM, Dense-Mode : exemple



# PIM, Dense-Mode : exemple



# PIM, Dense-Mode : exemple



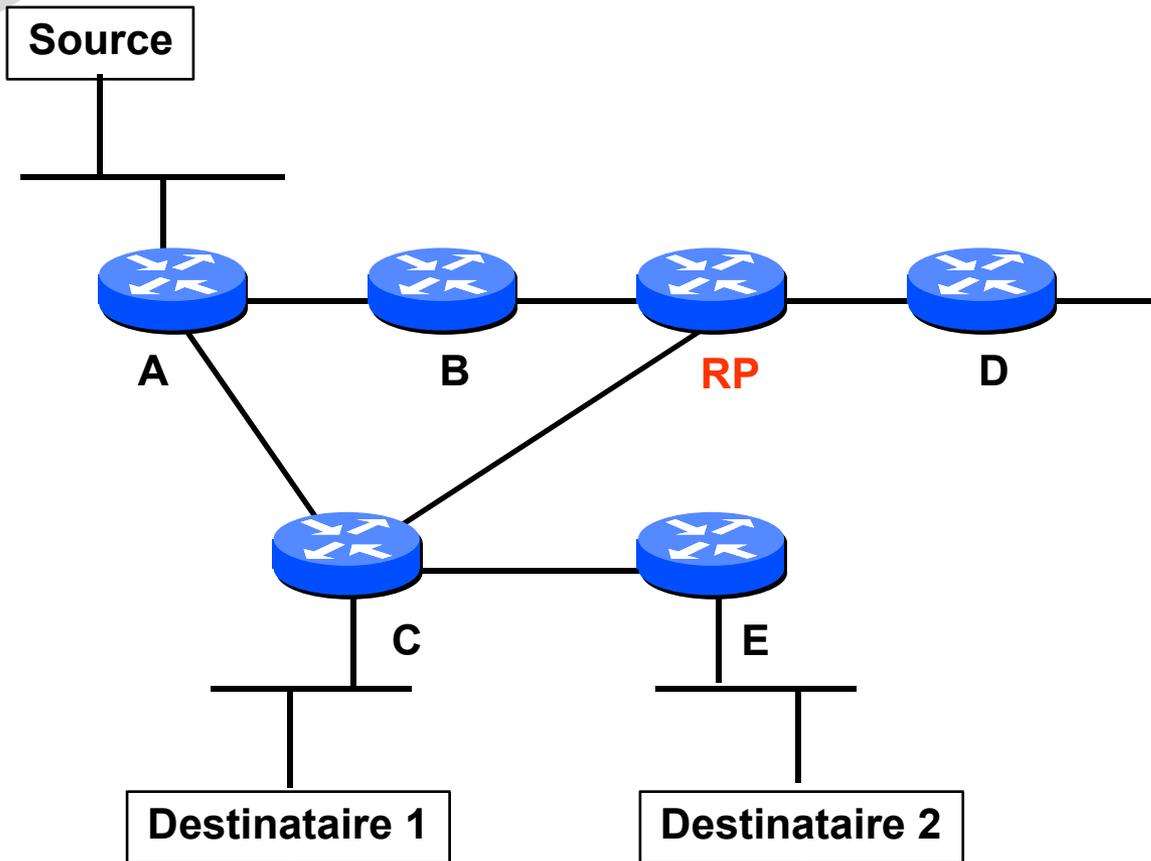
# PIM : Sparse mode

- **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**

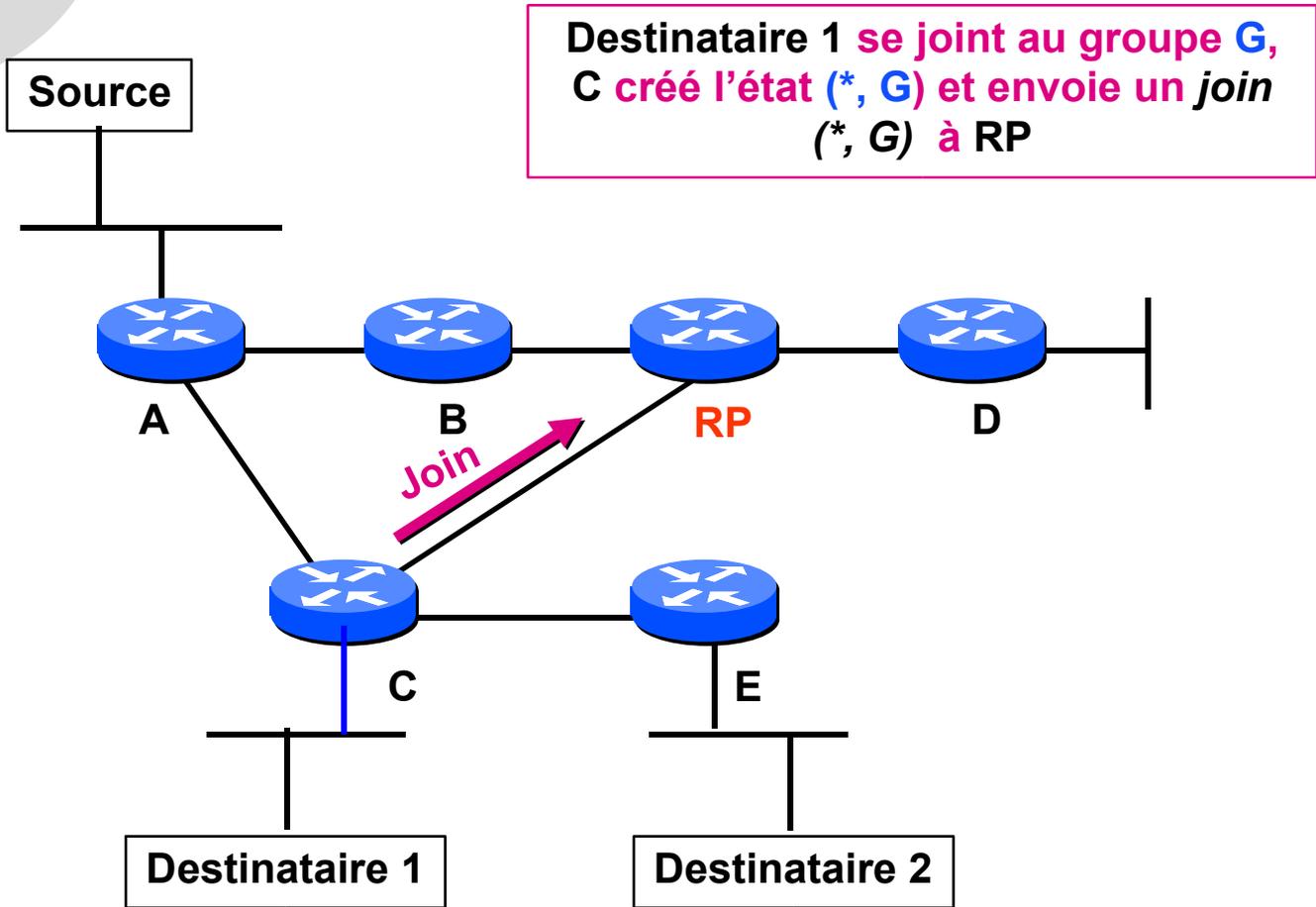
## PIM : Sparse mode

- 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)

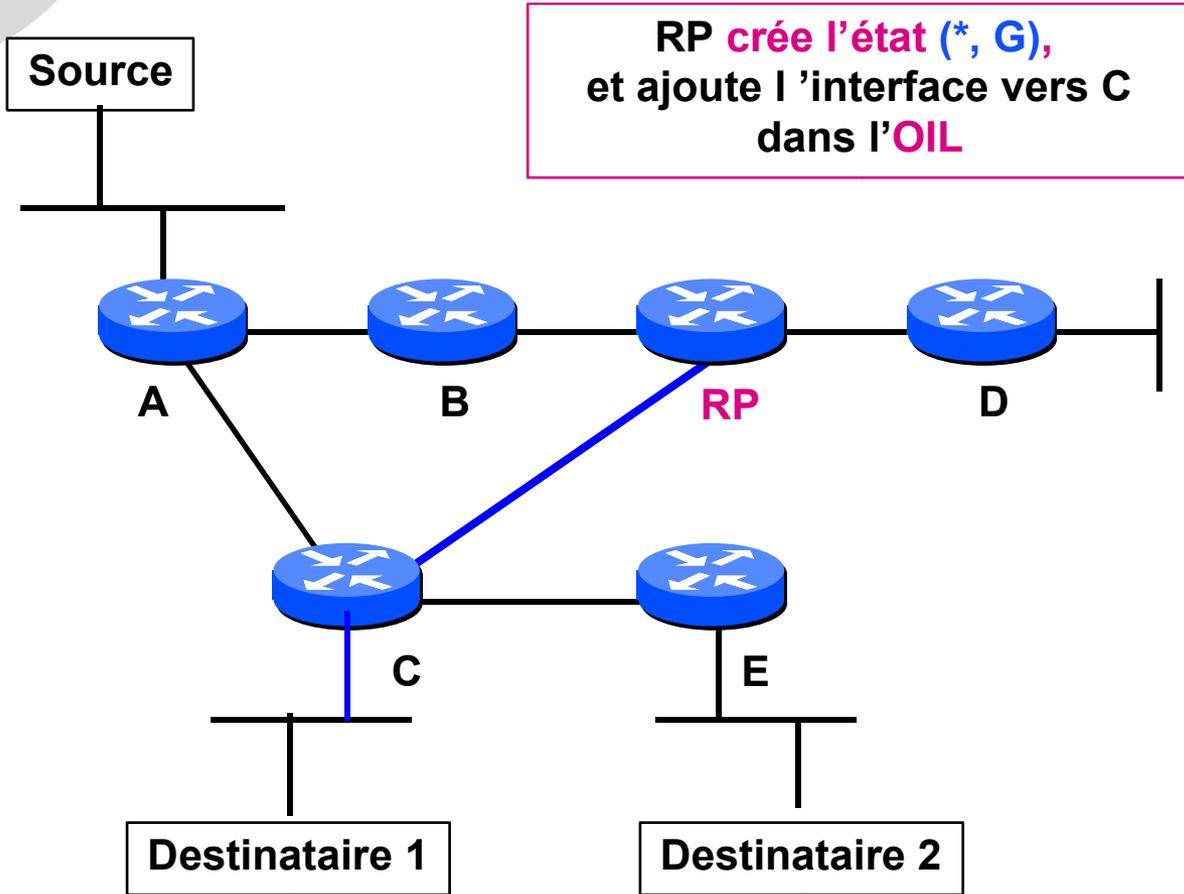
# PIM, Sparse-Mode : exemple



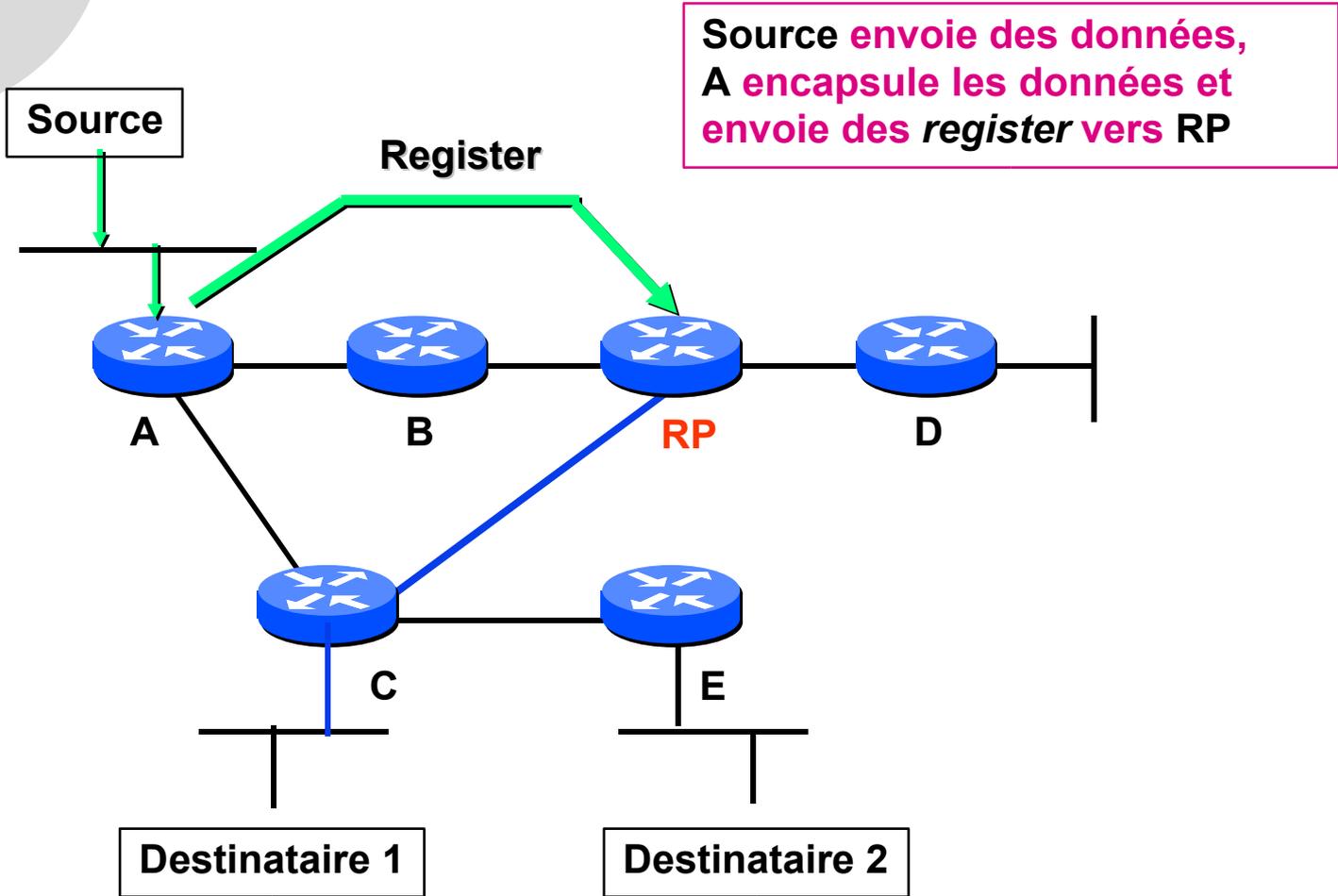
# PIM, Sparse-Mode : exemple



# PIM, Sparse-Mode : exemple

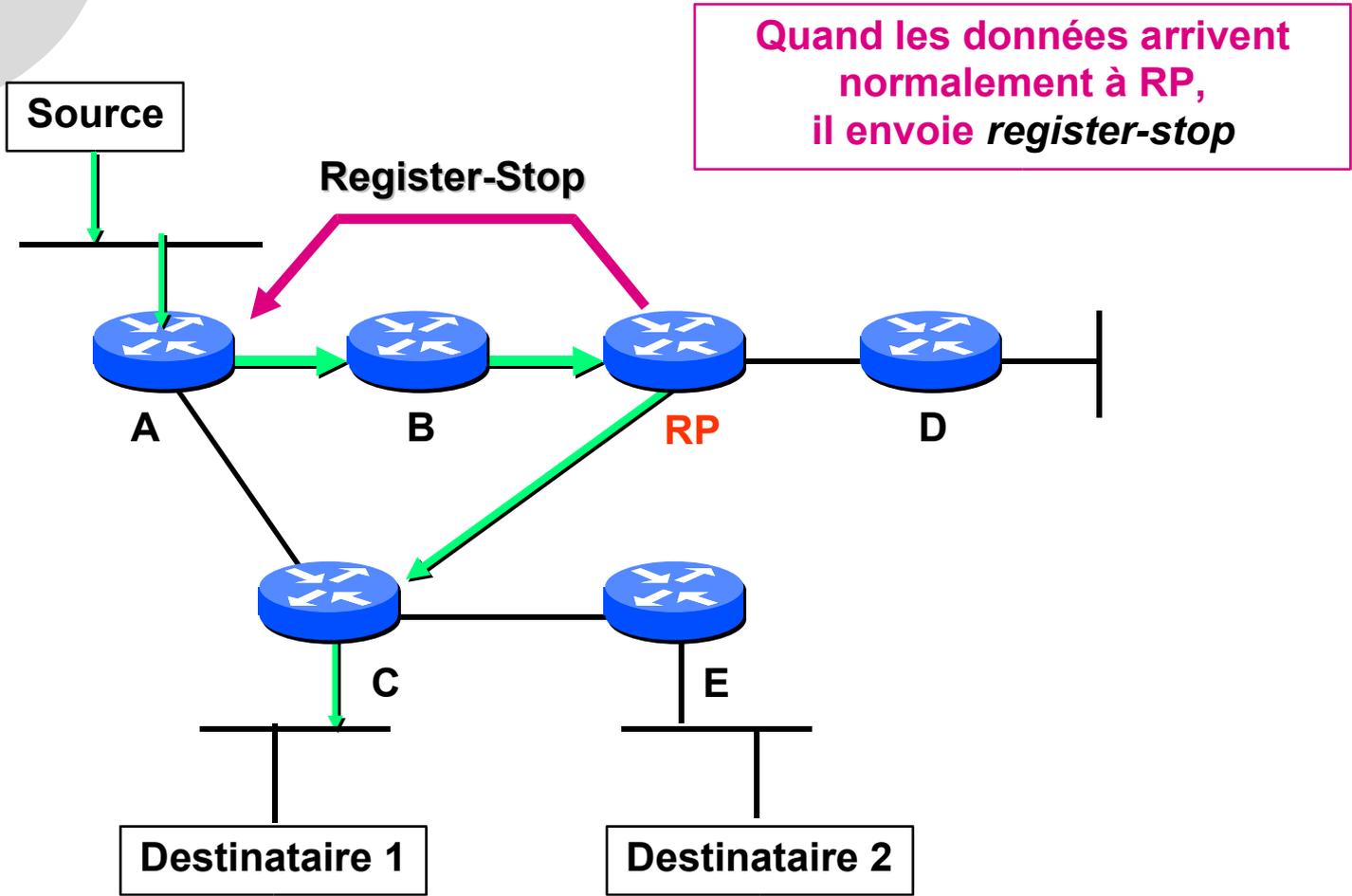


# PIM, Sparse-Mode : exemple



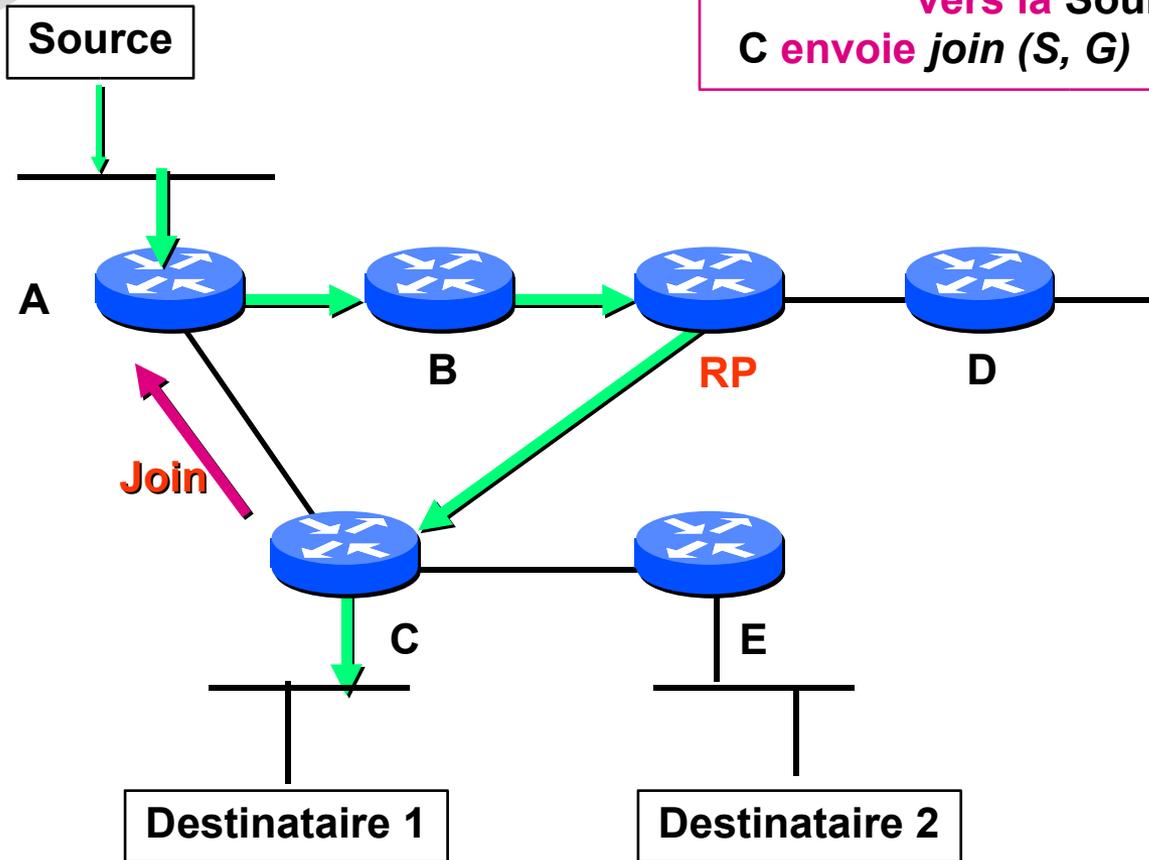


# PIM, Sparse-Mode : exemple



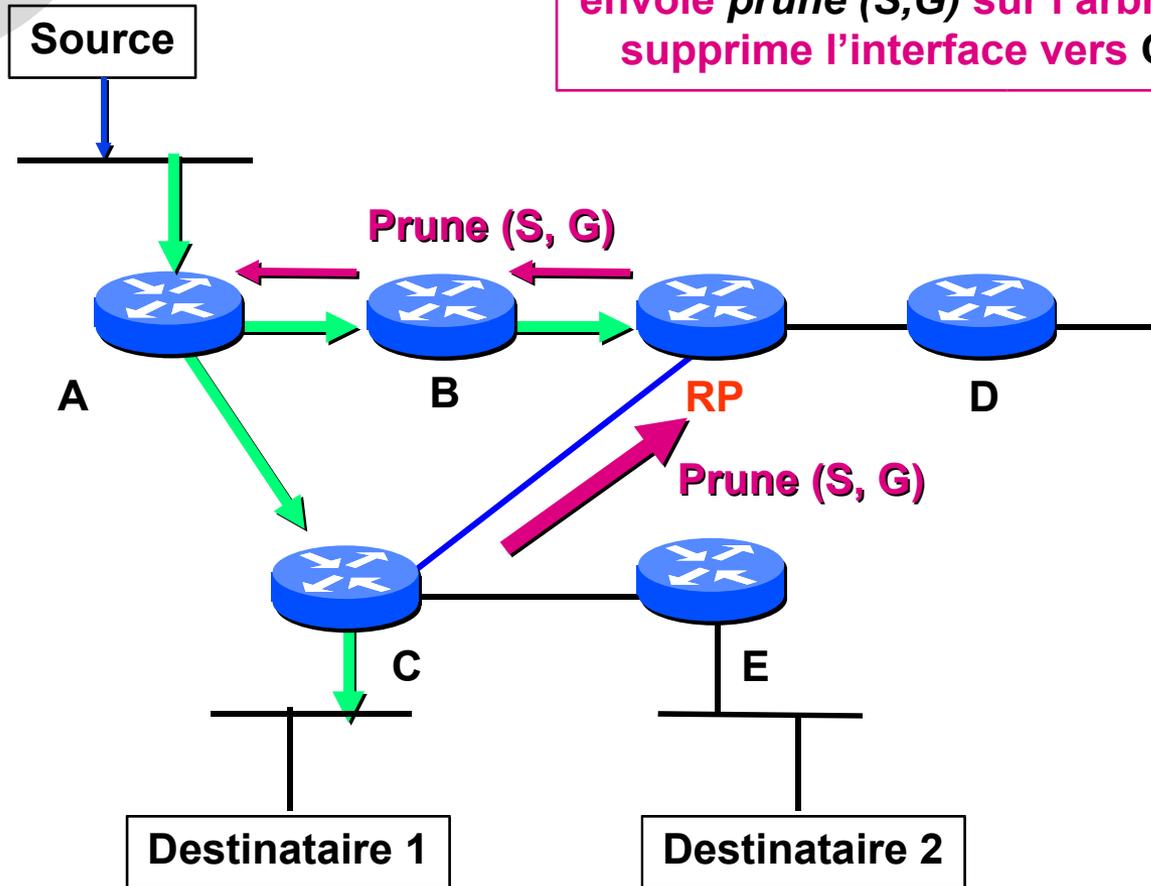
# PIM, Sparse-Mode : exemple

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

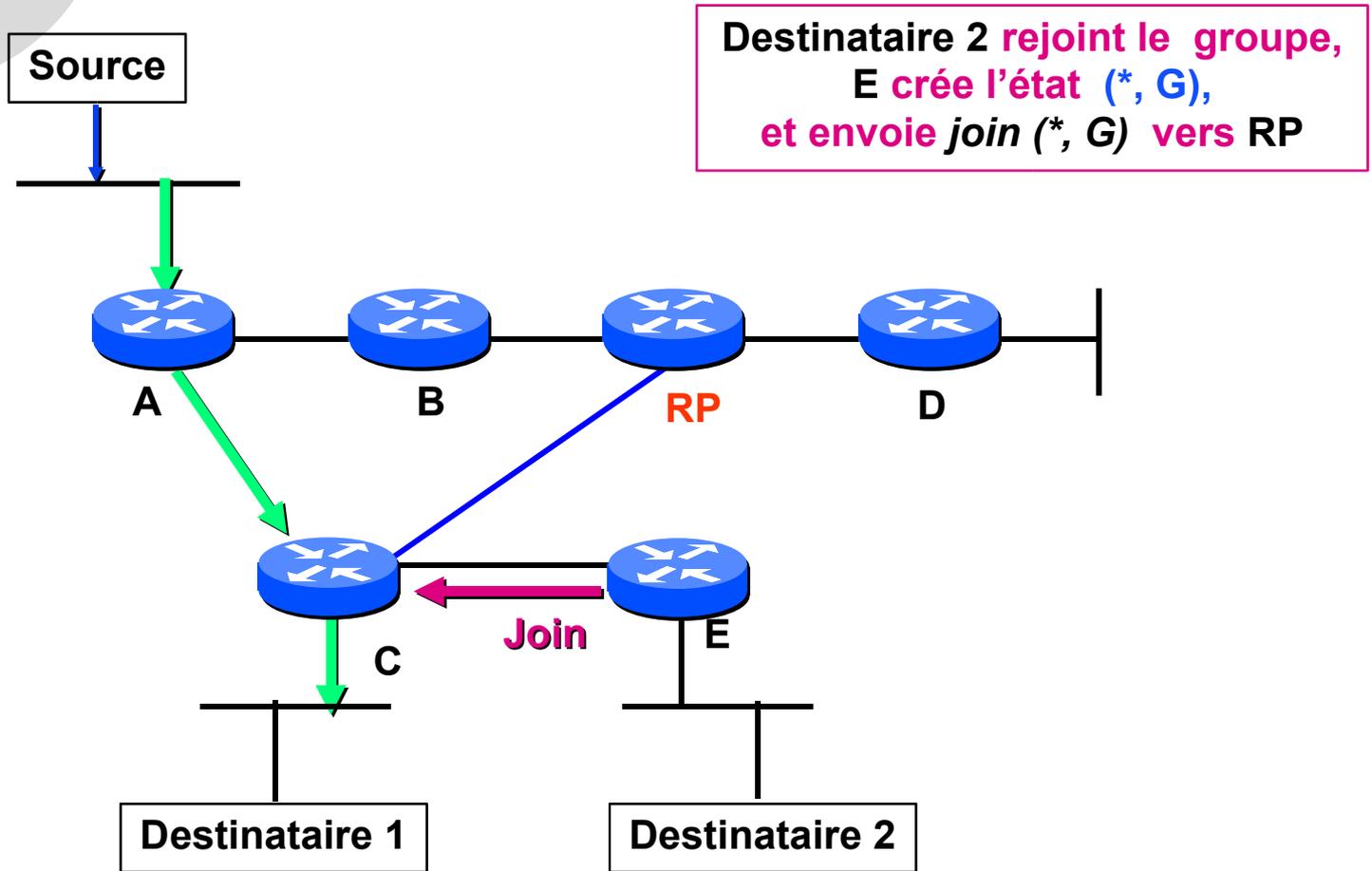


# PIM, Sparse-Mode : exemple

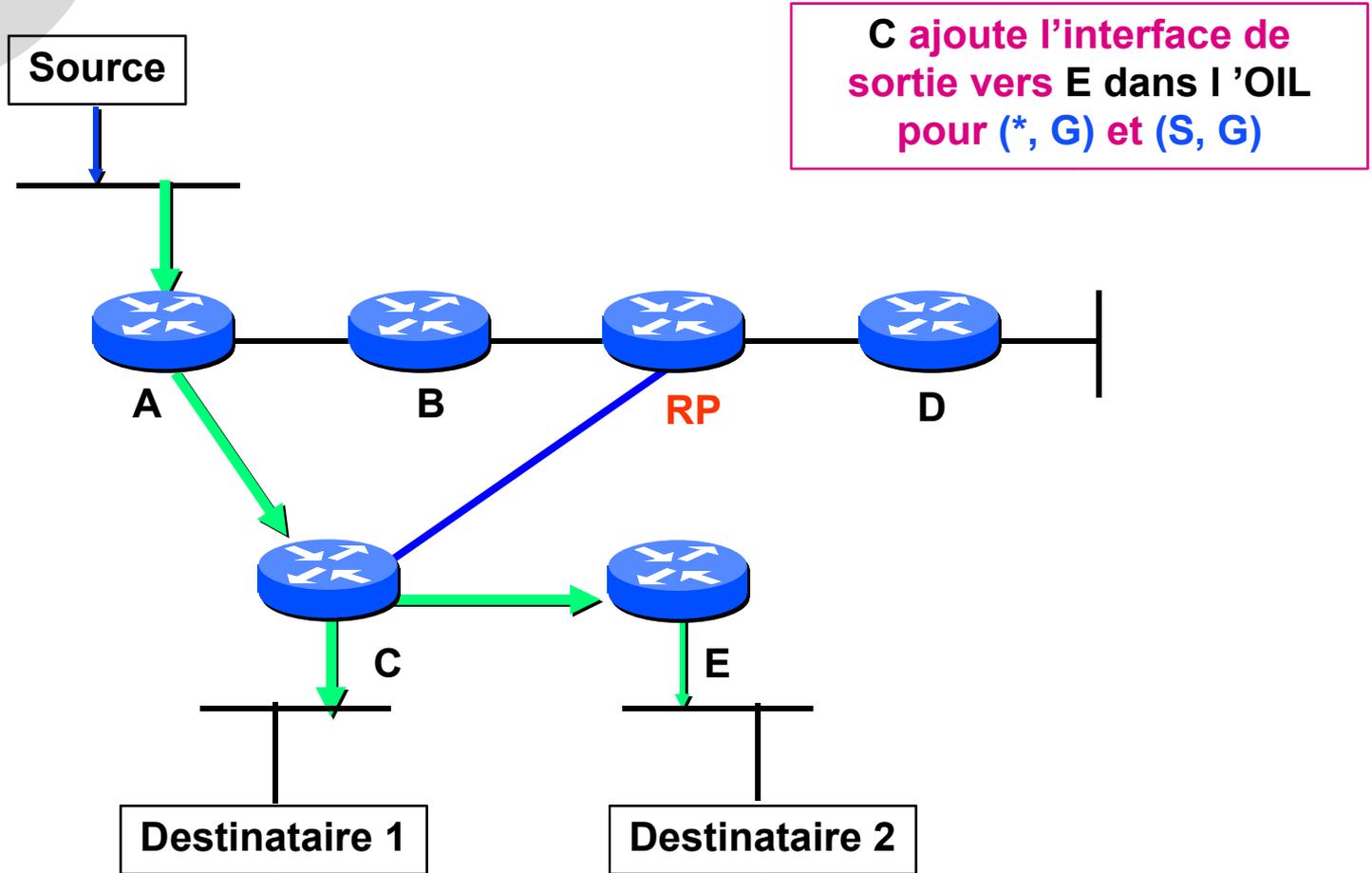
Quand C reçoit les données de S, il envoie *prune* (S,G) sur l'arbre partagé, RP supprime l'interface vers C pour (S,G)



# 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/](http://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>**