

Téléinformatique de base

Chapitre 6 Routage

Objectifs d'apprentissage

- Savoir expliquer le processus d'acheminement d'un paquet sur un routeur
- Savoir expliquer la différence entre remise directe et remise indirecte ainsi que l'utilisation des adresses IP et MAC dans les deux cas
- Pour un réseau donné, savoir identifier les routes nécessaires sur chacun des routeurs
- Pour un réseau donné, savoir appliquer manuellement la méthode de RIP pour calculer les routes
- Connaître la distinction entre les deux niveaux de routage (à l'intérieur des Systèmes Autonomes et à l'extérieur)

Routage

Comment un routeur achemine-t-il un paquet IP ?

- Chaque paquet IP contient l'adresse de destination
- Le routeur a une **table de routage**

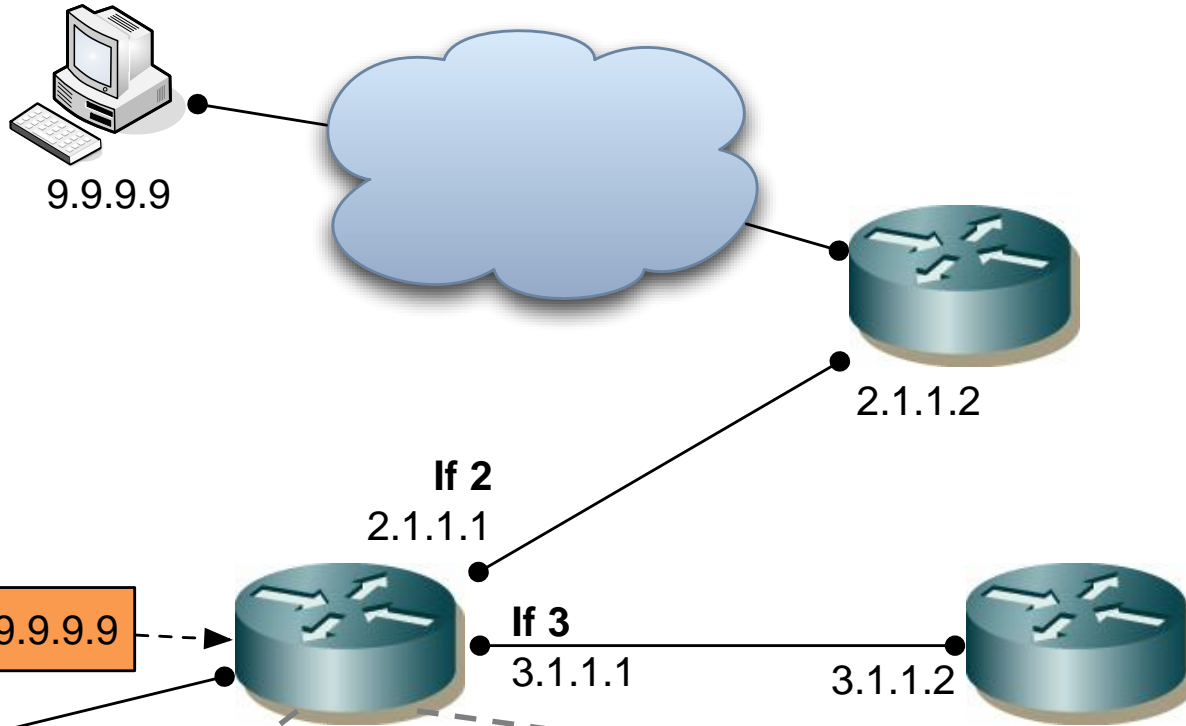
Réseau de destination	Prochain routeur	Interface de sortie
123.0.0.0	216.1.2.3	Interface 1

- Le routeur cherche dans sa table l'entrée pour le réseau de destination
- Si aucune route trouvée:
 - Utiliser la route par défaut, s'il y en a
 - Ecarter le paquet avec une erreur « Non routable »

Acheminement et routage

- Il faut distinguer acheminement et routage
- **Acheminement (*forwarding*):**
 - Fonctionnalité du protocole IP
 - IP utilise la table de routage pour déterminer le prochain saut
 - Exécutée pour chaque paquet (rapide !)
- **Routage (*routing*)**
 - Fonctionnalité des protocoles de routage, comme RIP
 - Remplir la table de routage avec les routes optimales
 - Exécutée périodiquement pour mettre à jour les tables de routage (lente!)

Acheminement



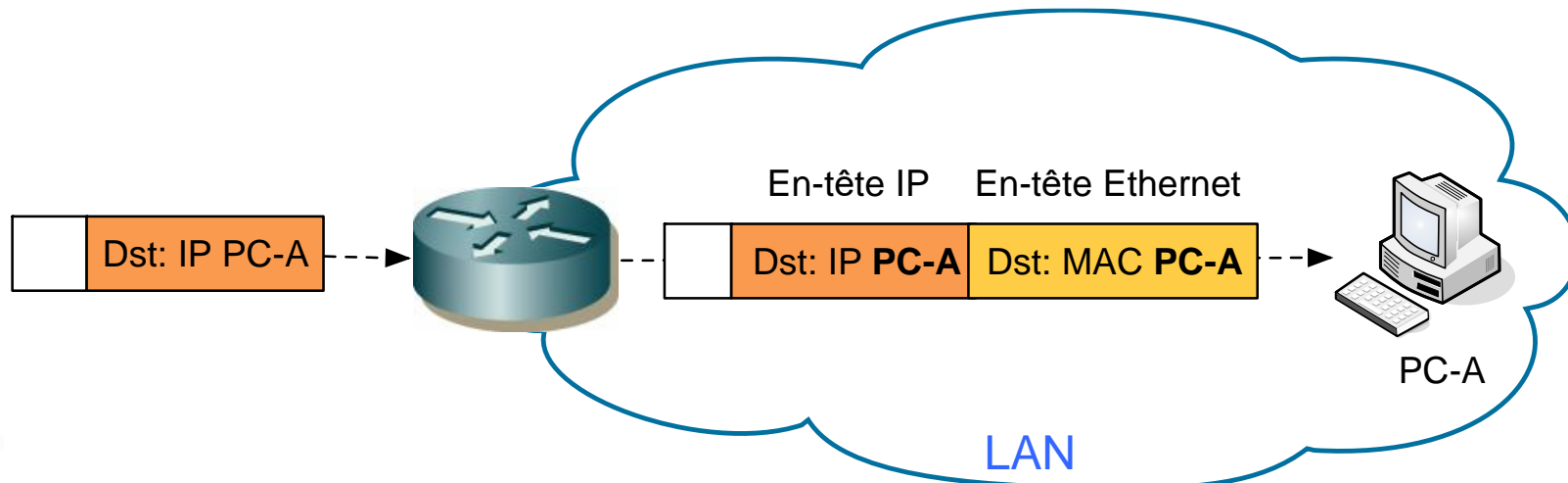
Destination	Prochain routeur	Sortie
7.0.0.0	xxx	xxx
8.0.0.0	xxx	xxx
9.0.0.0	2.1.1.2	If 2

Remise directe et remise indirecte

- Il est important de comprendre la relation entre adresse IP de destination et adresse MAC de destination

Remise directe

- Le destinataire se trouve dans le même réseau LAN
- La source / le routeur peut transmettre le paquet au destinataire sans passer par un autre nœud
- La source / le routeur construit une trame Ethernet avec comme adresse MAC destinataire celle du destinataire final

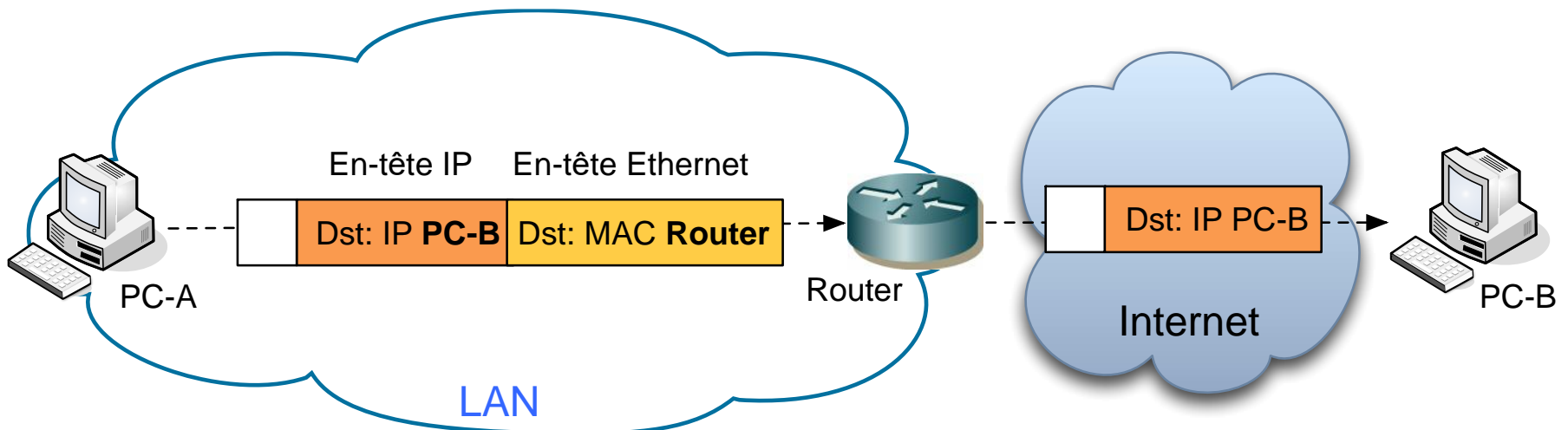


Remise directe et remise indirecte

- Il est important de comprendre la relation entre adresse IP de destination et adresse MAC de destination

Remise indirecte

- Le destinataire se trouve dans un autre réseau
- Il faut passer par un routeur intermédiaire pour atteindre le destinataire
- La source / le routeur construit une trame Ethernet avec comme adresse MAC destinataire celle du prochain nœud



Tables de routage

- Les tables de routage peuvent être remplies manuellement ou par un protocole de routage

Routage statique

- L'administrateur configure manuellement les routes
- Faisable pour de petits réseaux

Routage dynamique

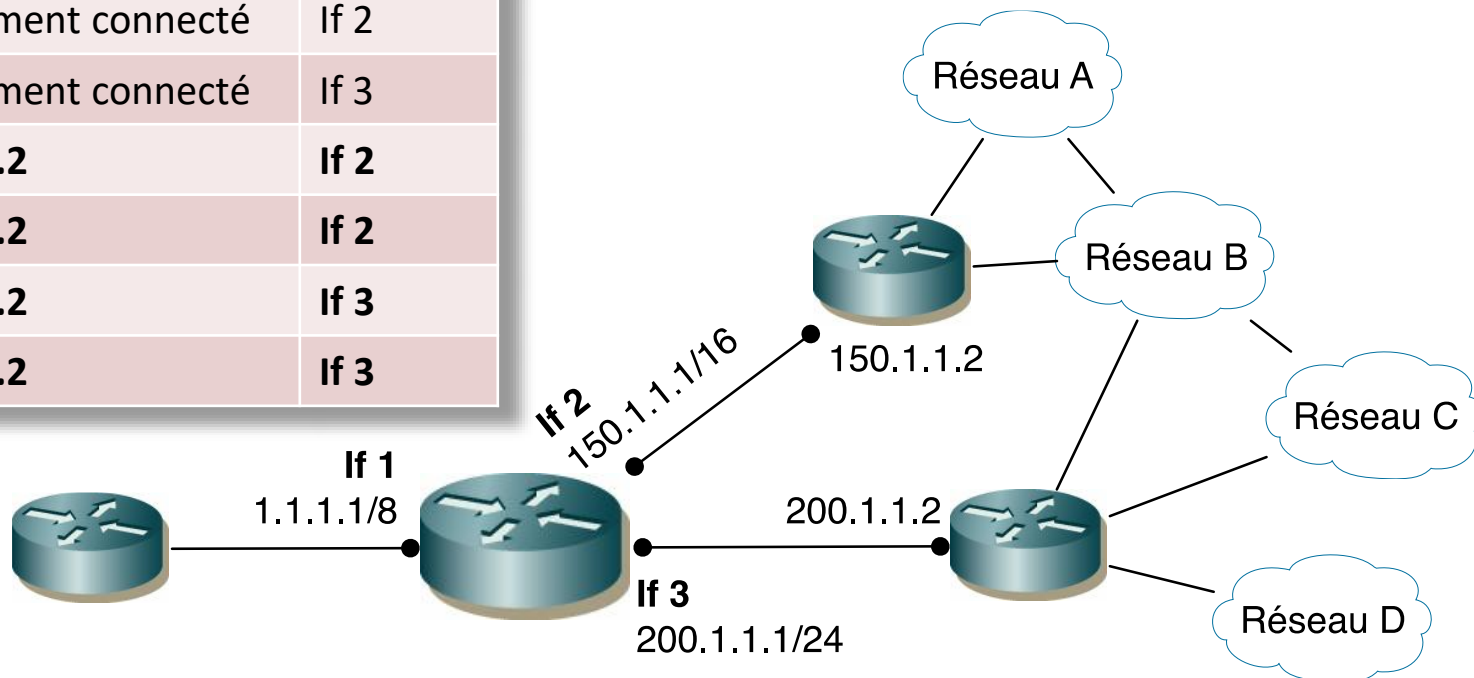
- Les routeurs utilisent un protocole de routage pour s'échanger des informations avec les autres routeurs
- Le protocole de routage calcule les routes et remplit la table de routage
- Permet de s'adapter automatiquement aux pannes de liens

Routage statique

Quelles routes faut-il configurer ?

- Un routeur connaît les réseaux directement connectés
- Il faut configurer les routes vers tous les autres réseaux

Destination	Prochain routeur	Sortie
1.0.0.0/8	Directement connecté	If 1
150.1.0.0/16	Directement connecté	If 2
200.1.1.0/24	Directement connecté	If 3
Réseau A	150.1.1.2	If 2
Réseau B	150.1.1.2	If 2
Réseau C	200.1.1.2	If 3
Réseau D	200.1.1.2	If 3



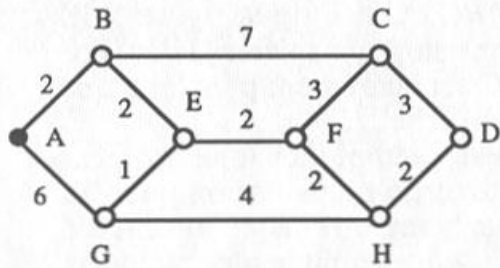
Routage dynamique

- Nécessite un protocole de routage sur le routeur qui
 - communique avec les autres routeurs
 - remplit la table de routage du routeur
 - S'adapte aux changements (panne d'un lien, nouveau lien)
- Objectif des protocoles de routage
 - Trouver « **le meilleur chemin** » vers chaque destinataire
 - Différents métriques sont possibles
 - Nombre de sauts
 - Capacité des liens, délai, trafic, disponibilité ...

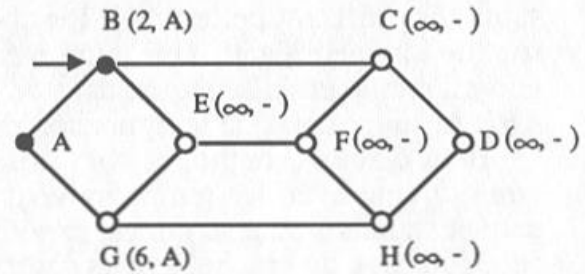
Le plus court chemin

- Algorithme de Dijkstra
 - Représenter le réseau par un graphe
 - Pondérer chaque arête k par un coût p_k
 - 0. Marquer chaque nœud par un doublet (C_i, N_x)
 - C_i : Distance totale de la source
 - N_x : Nœud précédent (pour reconstruire le chemin)
 - 1. Doublet de chaque nœud initialisé à $(\infty, -)$
à l'exception du nœud d'origine initialisé à $(0, -)$
 - 2. Choisir le nœud N_i avec le coût C_i le plus bas et qui n'est pas marqué et le marquer comme 'permanent'
 - 3. Calculer les coûts des chemins de tous les voisins N_j du nœud N_i : $C_j = C_i + p_k$
 - 4. Si la nouvelle valeur C_j est plus petite que l'ancienne,
--> actualiser le doublet de N_j : (C_j, N_i)
 - 5. Répéter à partir de 2 jusqu'à ce que la destination soit marquée 'permanent'

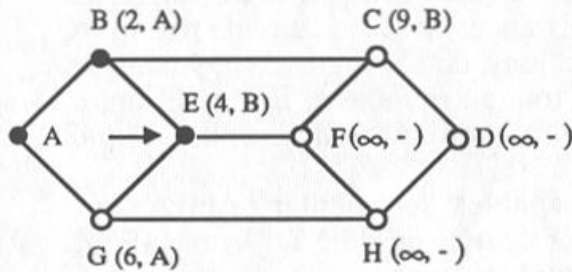
Exemple



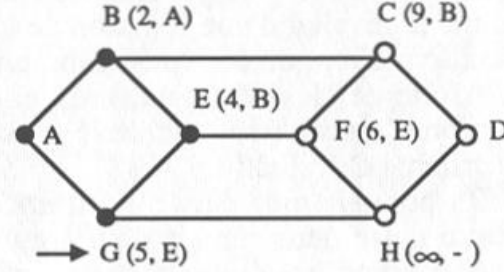
(a)



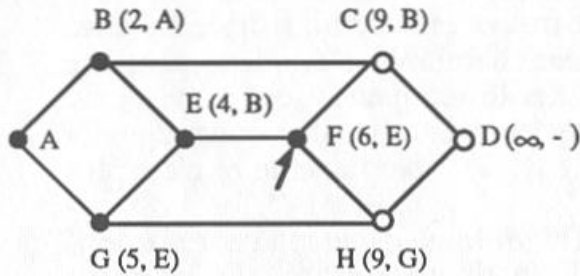
(b)



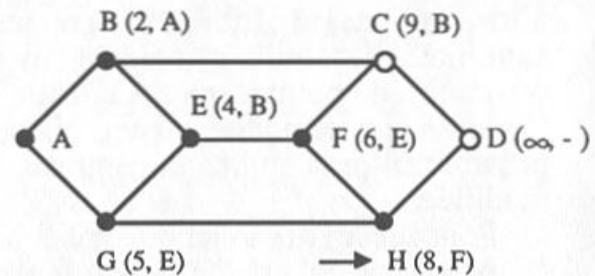
(c)



(d)



(e)



(f)

Exemple d'un protocole de routage: RIP

RIP: *Routing Information Protocol*

- Protocole de routage simple
- Utilisé dans de petits réseaux
- Utilise le nombre de sauts comme métrique pour calculer le plus court chemin
- Facile à configurer
- Fait partie de la famille de protocoles à « Vecteur de distance »

- Mais implique certaines limitations
 - Le diamètre du réseau est limité à 15 sauts
 - La mise à jour des routes peut être lente dans certaines situations

Fonctionnement de RIP

- Chaque routeur maintient une table de routage qui indique les distances vers les réseaux destinataires
- Chaque routeur envoie périodiquement sa table de routage (« vecteur de distances ») à tous ses voisins
- Chaque routeur utilise les tables de routage reçues pour calculer ses routes

Algorithme de Bellman-Ford distribué

Pour calculer la meilleure route vers un réseau X

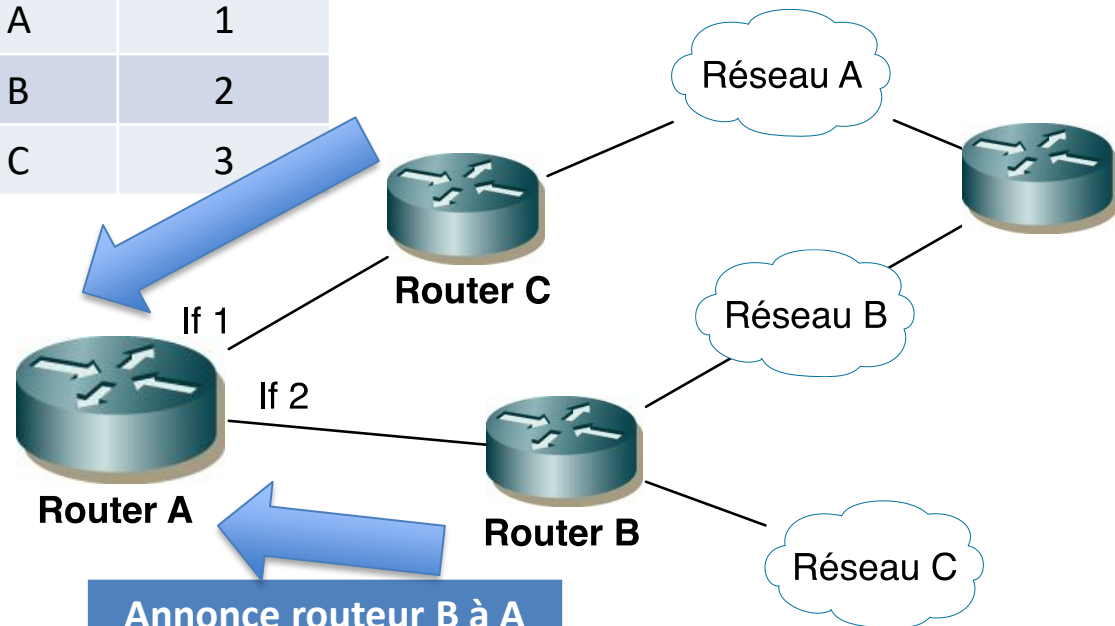
1. Le routeur choisit la route la plus courte vers X parmi celles annoncées par les voisins
2. Il incrémente la distance de la route de 1 pour tenir compte de la distance entre lui et le voisin

Exemple du calcul des routes

Annonce routeur C à A	
Destination	Distance
Réseau A	1
Réseau B	2
Réseau C	3

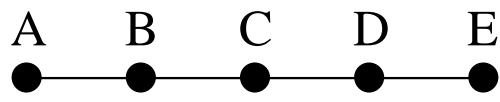
Table de routage A		
Destination	Sortie	Distance
Réseau A	If 1	2
Réseau B	If 2	2
Réseau C	If 2	2

Annonce routeur B à A	
Destination	Distance
Réseau A	2
Réseau B	1
Réseau C	1



Propagation de bonnes nouvelles

- Une meilleure route se propage rapidement
- Exemple simple :
 - Réseau linéaire
 - Distance: nombre de sauts
 - Nœud A vient de démarrer



A	B	C	D	E	
●	●	●	●	●	État initial
	∞	∞	∞	∞	Après 1 échange
	1	∞	∞	∞	Après 2 échanges
	1	2	∞	∞	Après 3 échanges
	1	2	3	∞	Après 4 échanges
	1	2	3	4	

Propagation de mauvaises nouvelles

- Après une panne, le **routage converge très lentement**
- Exemple :
 - Lien entre A et B tombe en panne

A	B	C	D	E	
●	●	●	●	●	
	1	2	3	4	État initial
	3	2	3	4	Après 1 échange
	3	4	3	4	Après 2 échanges
	5	4	5	4	Après 3 échanges
	6	5	6	5	Après 4 échanges
	7	6	7	6	Après 5 échanges
	
	∞	∞	∞	∞	Après n échanges

➤ **Problème de la valeur infinie**

Heuristiques pour accélérer la convergence

1. Définir une **distance maximale** n

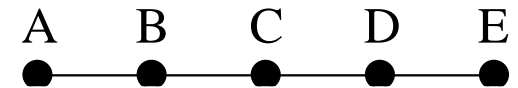
- Une distance au-delà de n est infinie
- Limite la taille maximale d'un réseau

2. **Horizon éclaté** (*Split horizon*)

- La distance vers une destination n'est pas annoncée au nœud suivant dans cette direction

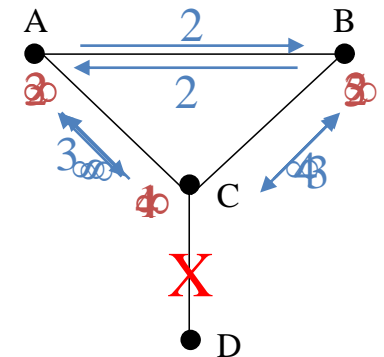
- Exemple

- C n'annonce pas la route vers A à B



3. **Horizon éclaté avec retour empoisonné**

- Un routeur avise ses voisins qu'une route est devenue impraticable avec une distance infinie



Niveaux de routage

- Un ou plusieurs réseaux sous le même contrôle administratif forment un Système Autonome (AS)
- Chaque AS est libre de choisir son protocole de routage
- Deux types de routage
 - Routage à l'intérieur d'un AS
 - Calcule les routes optimales
 - Par exemple RIP, OSPF, IS-IS
 - Routage entre les AS
 - Assure l'accessibilité des AS
 - Ne peut pas utiliser de métrique
 - Principalement le protocole BGP

