

CHAPITRE 9 : Routage à vecteur de distance

Mohammed SABER

Département Électronique, Informatique et Télécommunications
École Nationale des Sciences Appliquées "ENSA"
Université Mohammed Premier OUJDA

Année Universitaire : 2017-2018

Plan de chapitre

- 1 Introduction
- 2 Principe et caractéristiques de l'algorithme VDD
- 3 Mises-à-jour de la table de routage
- 4 Convergence de l'algorithme
- 5 Adaptation de l'algorithme
- 6 Comptage à l'infini de l'algorithme
- 7 Avantages et Inconvénients des protocoles de routage à vecteur de distance
- 8 Solutions de problème de métrique de mesure infinie (boucle)
- 9 Protocoles de routage à vecteur de distance

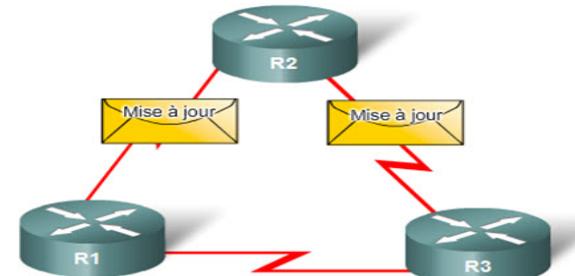
Plan de chapitre

- 1 Introduction
- 2 Principe et caractéristiques de l'algorithme VDD
- 3 Mises-à-jour de la table de routage
- 4 Convergence de l'algorithme
- 5 Adaptation de l'algorithme
- 6 Comptage à l'infini de l'algorithme
- 7 Avantages et Inconvénients des protocoles de routage à vecteur de distance
- 8 Solutions de problème de métrique de mesure infinie (boucle)
- 9 Protocoles de routage à vecteur de distance

Introduction

Rôle du protocole de routage dynamique

- Ils permettent aux routeurs de partager de manière dynamique des informations sur les réseaux .
- Les protocoles de routage déterminent le meilleur chemin vers chaque réseau, et l'insère dans la table de routage.



Introduction

Un protocole de routage permet d'effectuer les opérations suivantes :

- **Découverte** des réseaux distants.
- **Actualisation** des informations de routage.
- **Choix du meilleur chemin** vers des réseaux de destination.
- Capacité de trouver **un nouveau meilleur chemin**, si le chemin actuel n'est plus disponible.

Les protocoles de routage permettent d'échanger des informations de routage entre les routeurs.



Introduction

Quels sont les composants d'un protocole de routage ?

- **Structures de données** : pour fonctionner, certains protocoles de routage utilisent des tables et/ou des bases de données.
- **Algorithme** : un algorithme est une liste précise d'étapes permettant d'accomplir une tâche.
- **Messages de protocoles de routage** : les protocoles de routage utilisent différents types de messages pour découvrir les routeurs voisins et échanger des informations de routage.

Les protocoles de routage permettent d'échanger des informations de routage entre les routeurs.



Introduction

Deux grandes familles de protocoles de routage

- **Routage à vecteur de distance (distance vector)** : basés sur l'algorithme de **Bellman-Ford**.
- **Routage à état de lien (link state)** : basés sur l'algorithme de **Dijkstra**.

Plan de chapitre

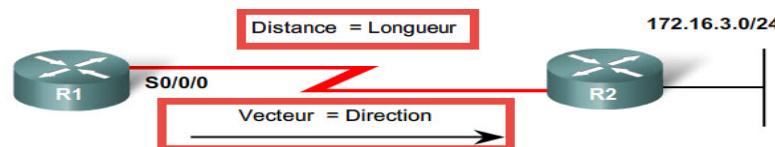
- 1 Introduction
- 2 Principe et caractéristiques de l'algorithme VDD
- 3 Mises-à-jour de la table de routage
- 4 Convergence de l'algorithme
- 5 Adaptation de l'algorithme
- 6 Comptage à l'infini de l'algorithme
- 7 Avantages et Inconvénients des protocoles de routage à vecteur de distance
- 8 Solutions de problème de métrique de mesure infinie (boucle)
- 9 Protocoles de routage à vecteur de distance

Signification du terme vecteur de distance

Signification du terme vecteur de distance

Le routeur ne connaît que les éléments suivants :

- La **direction** ou l'interface dans laquelle les paquets doivent être transférés.
- La **distance (coût)** jusqu'au réseau de destination, pour VDD est le **nombre de sauts/nœuds**.



- Pour le **R1**, le réseau **172.16.3.0/24** est distant d'un **saut (distance)**. Il est accessible via **R2** à travers l'interface **S0/0/0 (vecteur)**.

Fonctionnement des protocoles de routage à vecteur de distance

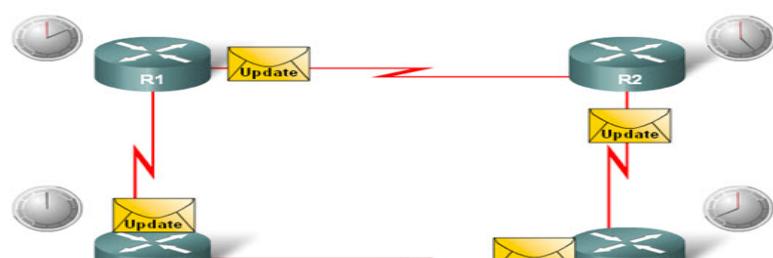
Fonctionnement des protocoles de routage à vecteur de distance

- Fonctionnement similaire au Spanning Tree Protocol.
- Crédation d'un arbre par routeur vers toutes les destinations possibles.
- Processus itératif (fonctionnement a priori continu).
- Protocole distribué (personne ne connaît toute la topologie).
- Fonctionnement asynchrone (envoi de messages à n'importe quel moment).

Fonctionnement des protocoles de routage à vecteur de distance

Principe de fonctionnement des protocoles de routage à vecteur de distance

- Routeurs voisins.
- Mises à jour régulières.
- Mises à jour des diffusions.
- Mises à jour de **toute** la table de routage et non la route modifiée.



Fonctionnement des protocoles de routage à vecteur de distance

Fonctionnement des protocoles de routage à vecteur de distance au niveau d'un routeur

Un routeur ne communique qu'avec ses voisins directs

- Émission périodique de couples destination ; distance.
- Les messages sont envoyés aux routeurs voisins uniquement.
- À la réception d'un tel message, un routeur compare les nouveaux chemins découverts à ceux qu'il possède.
- En cas de découverte d'un meilleur chemin vers une destination, on remplace l'entrée dans la table de routage.
- L'information se propagera vers les voisins du récepteur lors du prochain envoi.
- Itération du processus à l'infini.

Objectif de l'algorithme du protocole de routage

Fonctions de l'algorithme de routage

C'est une procédure permettant d'accomplir une certaine tâches :

- Envoi et réception des mises à jour.
- Calcul du meilleur chemin et de l'installation de la route dans la table de routage.
- Détection et de réaction face aux modifications de la topologie.



Réseau	Interface	Saut
172.16.1.0/24	Fa0/0	0
172.16.2.0/24	S0/0/0	0

Réseau	Interface	Saut
172.16.2.0/24	S0/0/0	0
172.16.3.0/24	Fa0/0	0

Plan de chapitre

- 1 Introduction
- 2 Principe et caractéristiques de l'algorithme VDD
- 3 Mises-à-jour de la table de routage
- 4 Convergence de l'algorithme
- 5 Adaptation de l'algorithme
- 6 Comptage à l'infini de l'algorithme
- 7 Avantages et Inconvénients des protocoles de routage à vecteur de distance
- 8 Solutions de problème de métrique de mesure infinie (boucle)
- 9 Protocoles de routage à vecteur de distance

Caractéristiques des protocoles de routage

Plusieurs caractéristiques permettent de différencier les protocoles de routage :

- **Temps de convergence**, dépend la taille de la topologie réseau.
- **Evolutivité**, avec l'évolution de la topologie des réseaux.
- **Utilisation (consommation) des ressources**.
- **Implémentation** (création) et **maintenance** (mises à jour).
- **Sans classe** (masque VLSM/CIDR) ou **par classe**.

Algorithme à vecteur de distance

Routage à l'aide de l'algorithme à vecteur de distance :

- La convergence.
- La réaction à la panne (adaptation, comptage à l'infini).

Mises-à-jour de la table de routage

Mises-à-jour de la table de routage

Des mises à jour déclenchées sont envoyées lorsque l'un des événements suivants se produit :

- La période de mise à jour (dépend le protocole).
- Une interface change d'état (activée ou désactivée).
- Une route passe à l'état « inaccessible » (ou sort de cet état).
- Une route est installée dans la table de routage.



Plan de chapitre

- 1** Introduction
- 2** Principe et caractéristiques de l'algorithme VDD
- 3** Mises-à-jour de la table de routage
- 4** Convergence de l'algorithme
- 5** Adaptation de l'algorithme
- 6** Comptage à l'infini de l'algorithme
- 7** Avantages et Inconvénients des protocoles de routage à vecteur de distance
- 8** Solutions de problème de métrique de mesure infinie (boucle)
- 9** Protocoles de routage à vecteur de distance

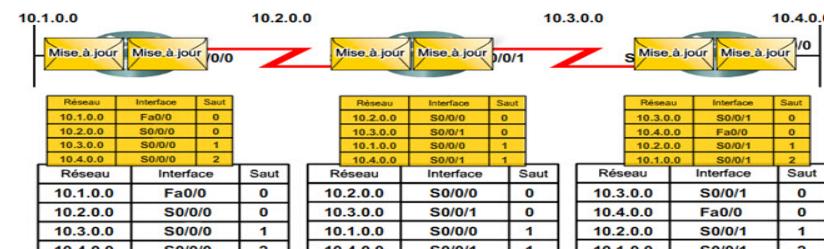
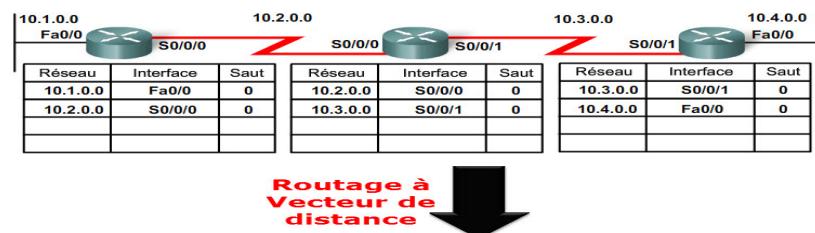
Convergence de l'algorithme

Convergence de l'algorithme

Le réseau est convergé quand :

- Tous les routeurs ont la même information dans leur table de routage.
- Le temps nécessaire à un réseau pour converger est directement proportionnel à la taille de ce réseau.

Convergence de l'algorithme



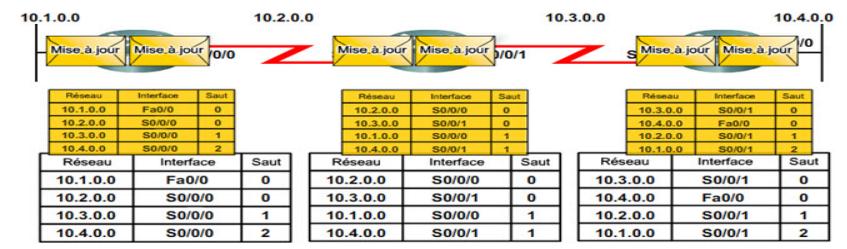
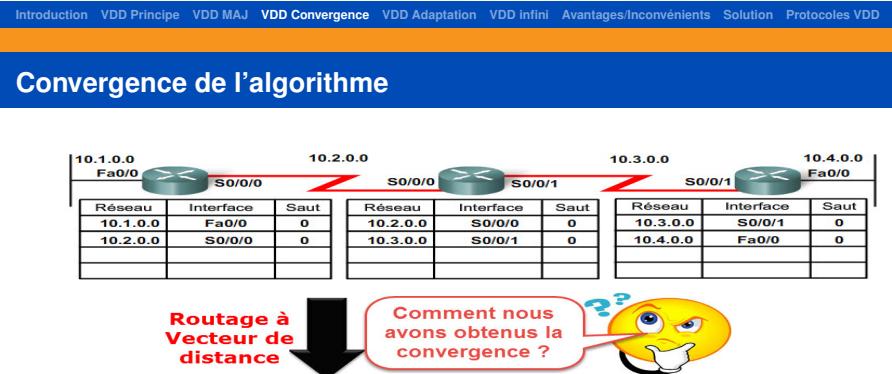
Convergence de l'algorithme

Convergence de l'algorithme

Le réseau est convergé quand :

- Tous les routeurs ont la même information dans leur table de routage.
- Le temps nécessaire à un réseau pour converger est directement proportionnel à la taille de ce réseau.

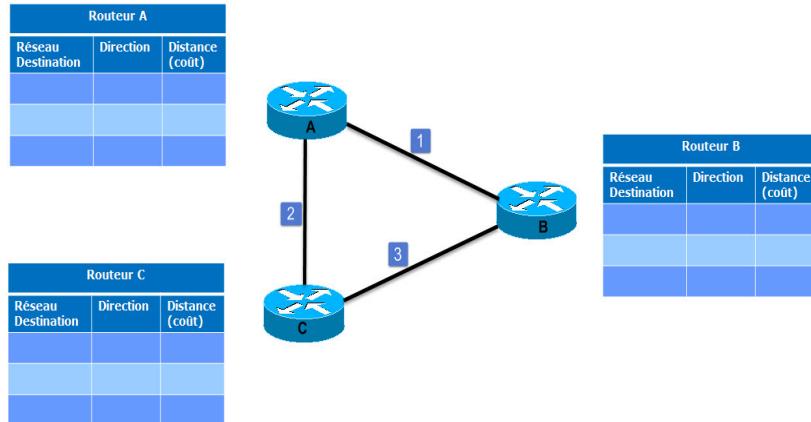
Convergence de l'algorithme



Convergence de l'algorithme

Exemple

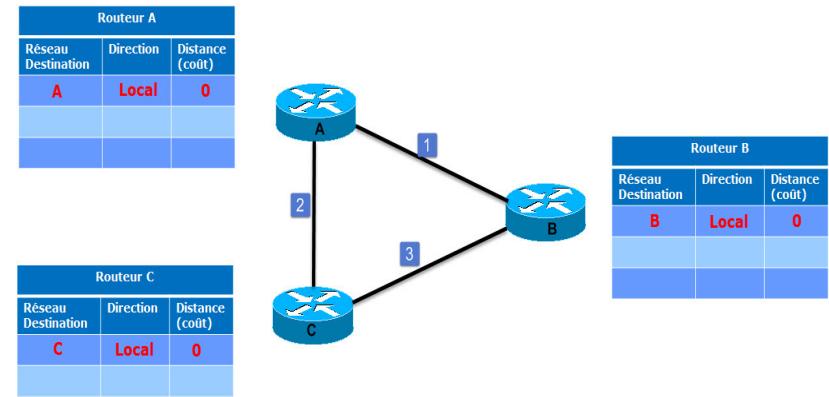
- 3 routeurs et 3 liens.
- Coût de tous les liens = 1



Convergence de l'algorithme

Exemple : itération 0 (Démarrage à froid (Cold Start))

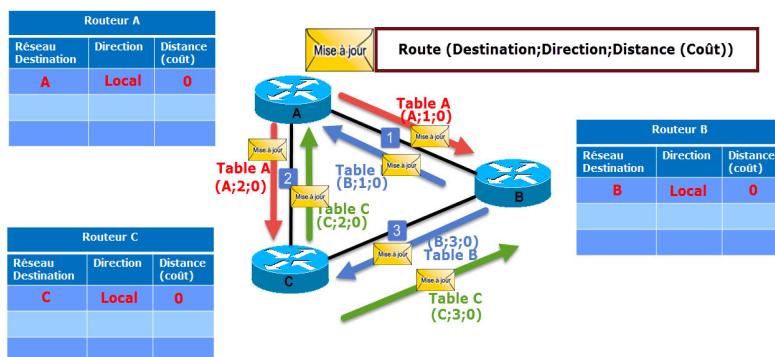
- **Itération 0** = Information locale.
- Démarrage à froid (Cold Start) et détection de réseau initiale.
- Les réseaux directement connectés sont ajoutés à la table.



Convergence de l'algorithme

Exemple : itération 1

- **Itération 1** = Premier envoi.
- Chaque routeur envoie sa table de routage vers les voisins connectés directement.
- **Pratiquement** : Les envois en même temps.

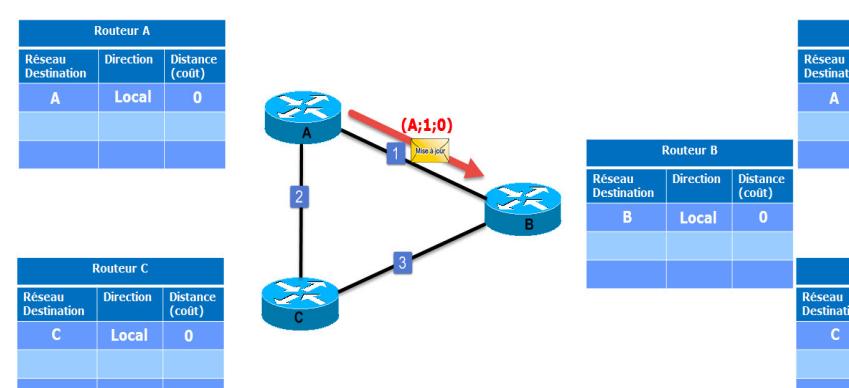


- Théoriquement : Les envois seront routeur par routeur, pour simplifier la

Convergence de l'algorithme

Exemple : itération 1 (A envoie sa table de routage vers B)

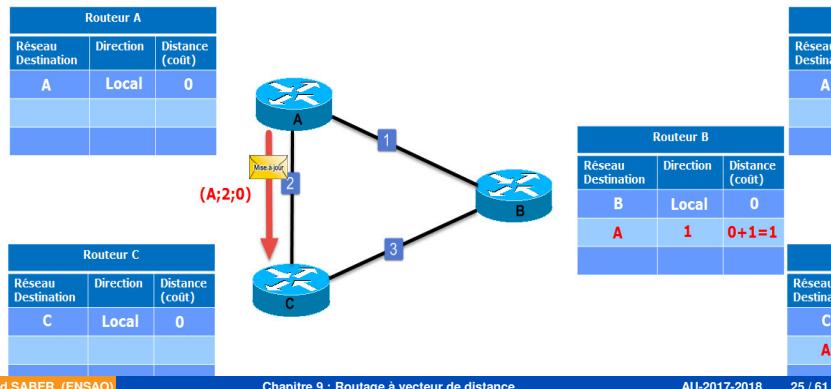
- B reçoit le vecteur (A;1;0) en provenance de A.
- Il regarde s'il a déjà une entrée A.
- Ce n'est pas le cas.
- Il ajoute une entrée A, le numéro d'interface 1 et $0+1=1$ pour la distance.



Convergence de l'algorithme

Exemple : itération 1 (A envoie sa table de routage vers C)

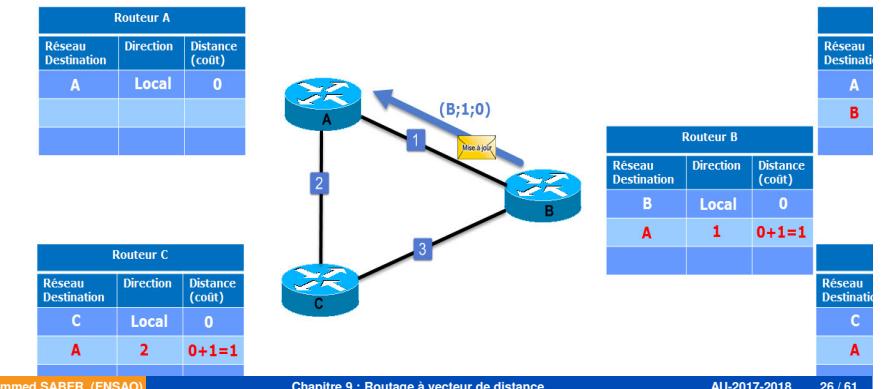
- C reçoit le vecteur ($A;2;0$) en provenance de A.
- Il regarde s'il a déjà une entrée A.
- Ce n'est pas le cas.
- Il ajoute une entrée A, le numéro d'interface 1 et $0+1=1$ pour la distance.



Convergence de l'algorithme

Exemple : itération 1 (B envoie sa table de routage vers A)

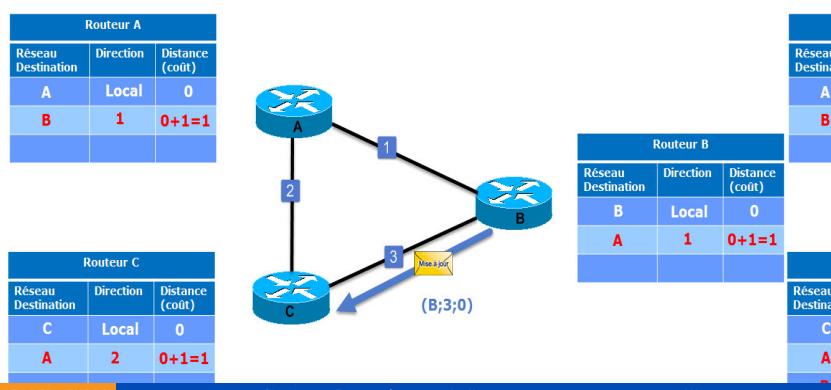
- A reçoit le vecteur ($B;1;0$) en provenance de B.
- Il regarde s'il a déjà une entrée B.
- Ce n'est pas le cas.
- Il ajoute une entrée B, le numéro d'interface 1 et $0+1=1$ pour la distance.



Convergence de l'algorithme

Exemple : itération 1 (B envoie sa table de routage vers C)

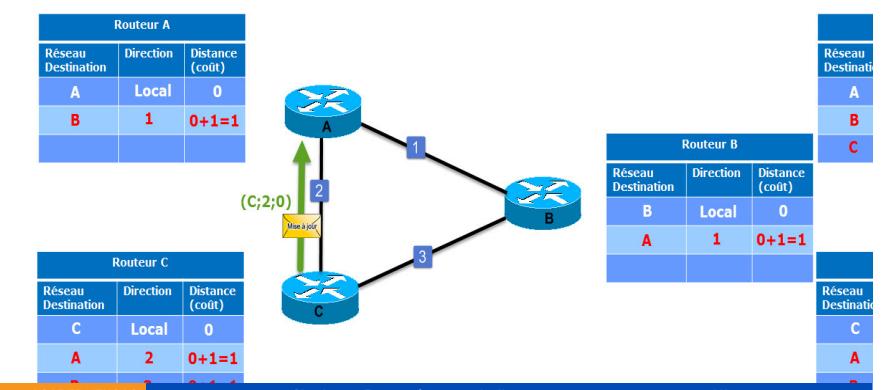
- C reçoit le vecteur ($B;1;0$) en provenance de B.
- Il regarde s'il a déjà une entrée B.
- Ce n'est pas le cas.
- Il ajoute une entrée B, le numéro d'interface 1 et $0+1=1$ pour la distance.



Convergence de l'algorithme

Exemple : itération 1 (C envoie sa table de routage vers A)

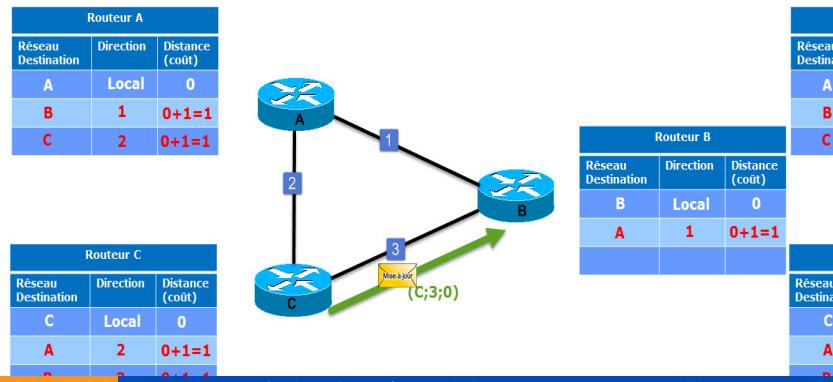
- A reçoit le vecteur ($C;2;0$) en provenance de C.
- Il regarde s'il a déjà une entrée C.
- Ce n'est pas le cas.
- Il ajoute une entrée C, le numéro d'interface 1 et $0+1=1$ pour la distance.



Convergence de l'algorithme

Exemple : itération 1 (C envoie sa table de routage vers B)

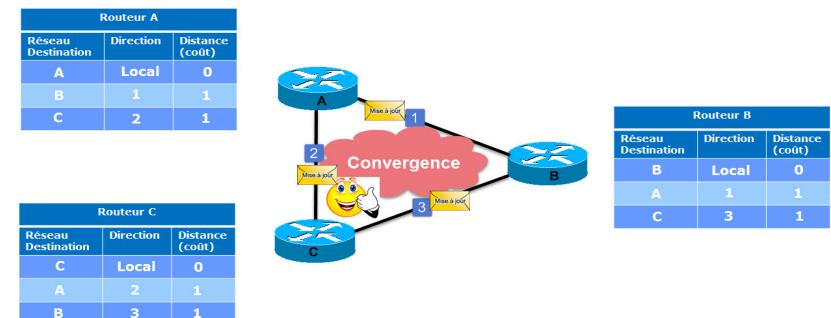
- B reçoit le vecteur ($C; 2; 0$) en provenance de C.
- Il regarde s'il a déjà une entrée C.
- Ce n'est pas le cas.
- Il ajoute une entrée C, le numéro d'interface 1 et $0+1=1$ pour la distance.



Convergence de l'algorithme

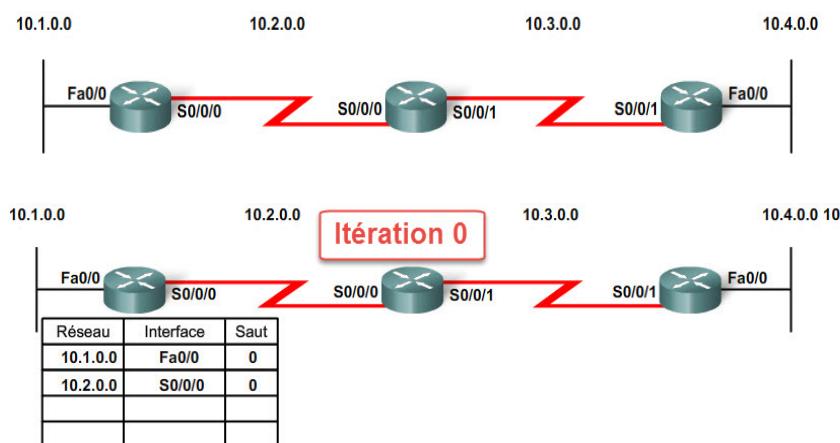
Exemple : itération 1 (FIN)

- Aucune modification.
- Nous avons arrivés vers la stabilité des tables de routage, après une itération.
- Même les mises-à-jour seront périodiquement entre les routeurs, pas de changements au niveau des tables de routage.
- La Convergence.



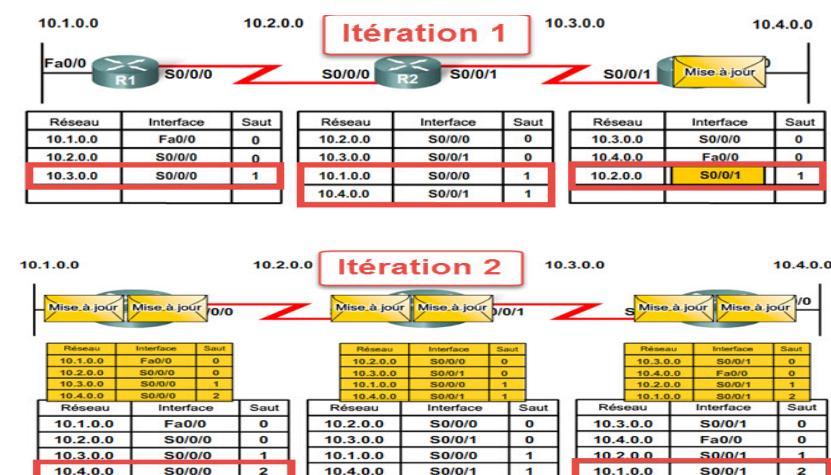
Convergence de l'algorithme

Exemple réel



Convergence de l'algorithme

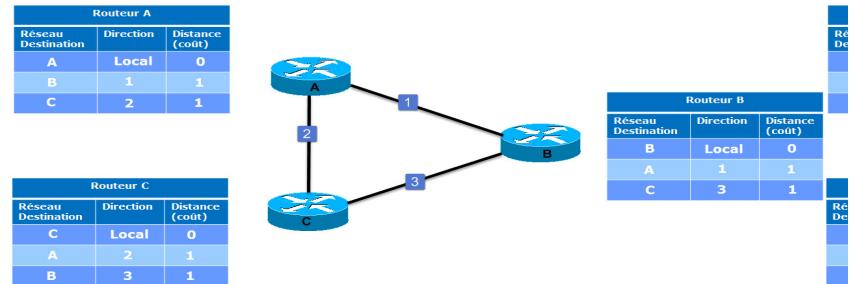
Exemple réel



Plan de chapitre

- 1 Introduction
- 2 Principe et caractéristiques de l'algorithme VDD
- 3 Mises-à-jour de la table de routage
- 4 Convergence de l'algorithme
- 5 Adaptation de l'algorithme
- 6 Comptage à l'infini de l'algorithme
- 7 Avantages et Inconvénients des protocoles de routage à vecteur de distance
- 8 Solutions de problème de métrique de mesure infinie (boucle)
- 9 Protocoles de routage à vecteur de distance

Adaptation de l'algorithme

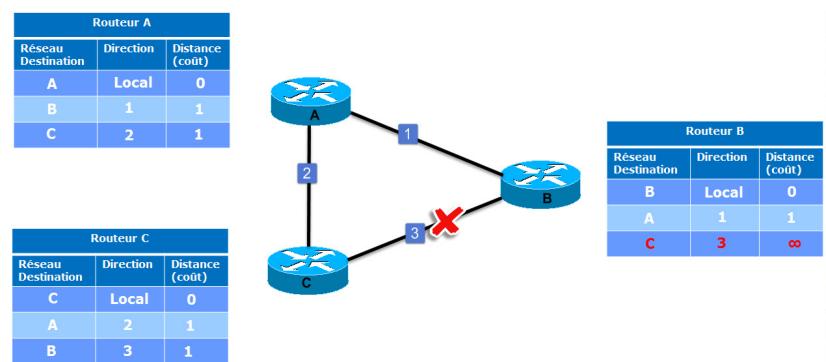


En cas de panne d'un un lien

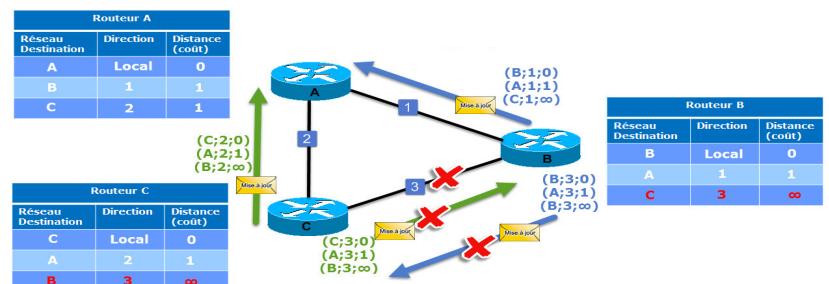
- Rupture du lien BC.
- Détectée par B et C, voisins directs.
- Ici C est le premier à réagir, mais le comportement est le même pour B.

Adaptation de l'algorithme

- ### En cas de panne d'un un lien
- B marqué C à l'infini.
 - C marqué B à l'infini.



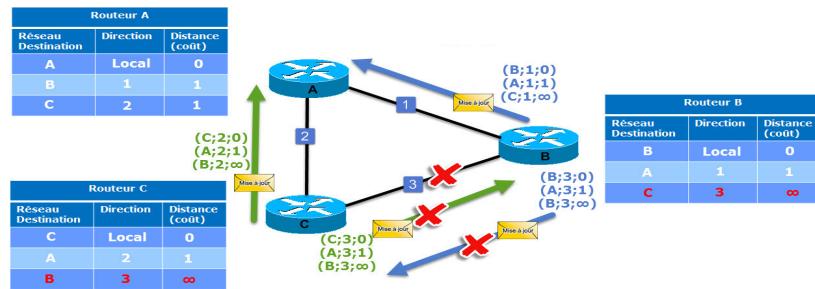
Adaptation de l'algorithme



Déclenchement des mises à jour

- Liaison en panne \Rightarrow déclenchement des mises à jour.
- C envoie son vecteur de distance avec B marqué à l'infini, MAJ de C vers B \Rightarrow bloquées.
- B envoie son vecteur de distance avec C marqué à l'infini, MAJ de B vers C \Rightarrow bloquées.

Adaptation de l'algorithme

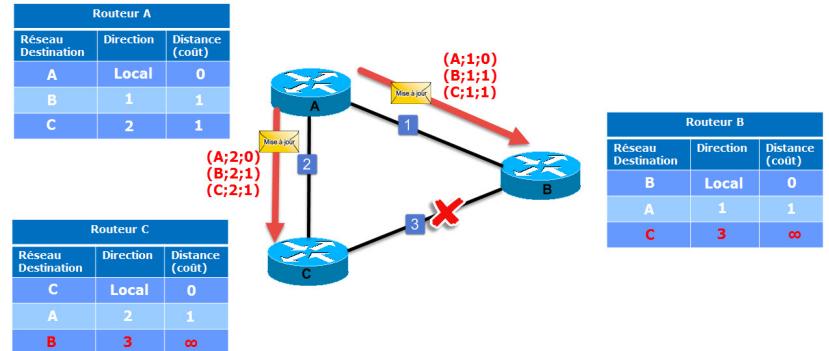


Traitement des MAJ au niveau de A

- A reçoit sur l'interface 2 le vecteur de distance de C.
- A reçoit sur l'interface 1 le vecteur de distance de B.
- Toutes les entrées sont déjà présentes dans la table.
- Toutes ont un coût identique ou inférieur, il n'y a donc aucune modification (de surcroît pour B à l'infini (de surcroît pour B à l'infini))

Adaptation de l'algorithme

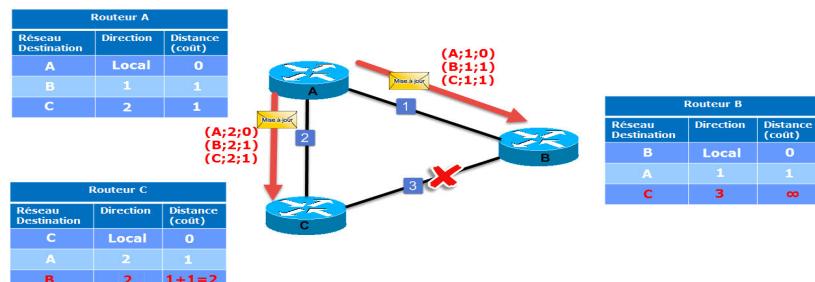
A envoie à son tour son vecteur de distance vers B et vers C.



Adaptation de l'algorithme

Traitement des MAJ de A au niveau de C

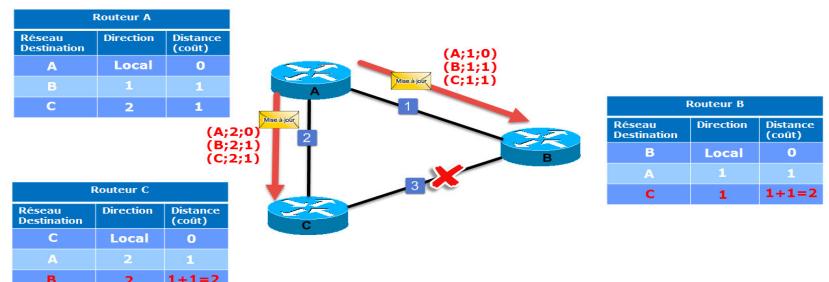
- C apprend de A que celui-ci joint B en 1 saut.
- Il déduit qu'il peut joindre à nouveau B en passant par A voie 2 pour un coût de $1+1=2$ (distance pour aller à A plus distance de A à B).



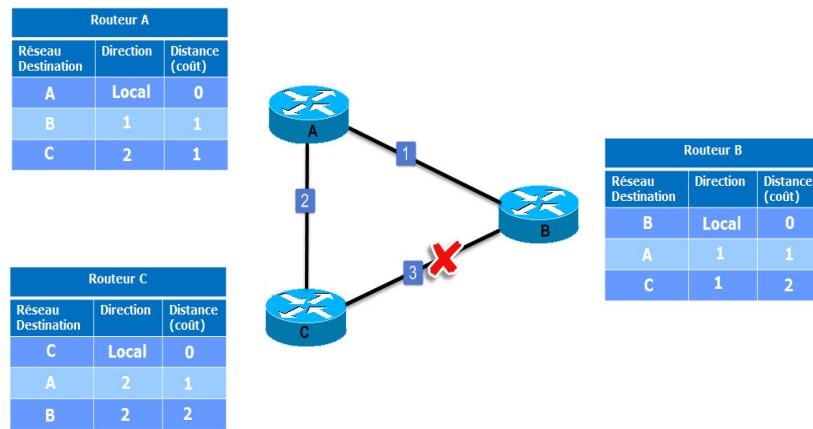
Adaptation de l'algorithme

Traitement des MAJ de A au niveau de B

- B apprend de A que celui-ci joint C en 1 saut.
- Il déduit qu'il peut joindre à nouveau C en passant par A voie 2 pour un coût de $1+1=2$ (distance pour aller à A plus distance de A à C).



Adaptation de l'algorithme



Comptage à l'infini de l'algorithme

Boucle de routage

Une boucle de routage est une condition dans laquelle un paquet est transmis en continu entre une série de routeurs sans jamais atteindre le réseau de destination souhaité.

Création des boucles de routage

Une boucle de routage peut être provoquée par les éléments suivants :

- Routes statiques configurées incorrectement.
- Redistribution de routes configurées incorrectement.
- Tables de routage incohérentes qui ne sont pas mises à jour en raison d'une convergence lente dans un réseau changeant.
- Routes de suppression configurées ou installées incorrectement.

Plan de chapitre

1 Introduction

2 Principe et caractéristiques de l'algorithme VDD

3 Mises-à-jour de la table de routage

4 Convergence de l'algorithme

5 Adaptation de l'algorithme

6 Comptage à l'infini de l'algorithme

7 Avantages et Inconvénients des protocoles de routage à vecteur de distance

8 Solutions de problème de métrique de mesure infinie (boucle)

9 Protocoles de routage à vecteur de distance

Comptage à l'infini de l'algorithme

Soit la topologie suivante : le réseau stabilisé ayant les liens AB et AC (A passe par B rejoindre C et inversement).



Routeur A

Réseau Destination	Direction	Distance (coût)
A	Local	0
B	1	1
C	1	2

Routeur B

Réseau Destination	Direction	Distance (coût)
B	Local	0
A	1	1
C	2	2

Routeur C

Réseau Destination	Direction	Distance (coût)
C	Local	0
A	2	2
B	2	1

Comptage à l'infini de l'algorithme



Routeur A		
Réseau Destination	Direction	Distance (coût)
A	Local	0
B	1	1
C	1	2

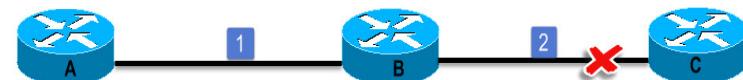
Routeur B		
Réseau Destination	Direction	Distance (coût)
B	Local	0
A	1	1
C	2	2

Routeur C		
Réseau Destination	Direction	Distance (coût)
C	Local	0
A	2	2
B	2	1

En cas de panne d'un un lien

- Rupture du lien BC.
- DéTECTÉE par B et C, voisins directs.

Comptage à l'infini de l'algorithme



Routeur A		
Réseau Destination	Direction	Distance (coût)
A	Local	0
B	1	1
C	1	2

Routeur B		
Réseau Destination	Direction	Distance (coût)
B	Local	0
A	1	1
C	2	2

Routeur C		
Réseau Destination	Direction	Distance (coût)
C	Local	0
A	2	2
B	2	1

Réaction du routeur B

- B ne reçoit plus de paquets de C.
- Il le marque alors à l'infini et en informe ses voisins directs à savoir A.

Comptage à l'infini de l'algorithme



Routeur A		
Réseau Destination	Direction	Distance (coût)
A	Local	0
B	1	1
C	1	2

Routeur B		
Réseau Destination	Direction	Distance (coût)
B	Local	0
A	1	1
C	2	∞

Routeur C		
Réseau Destination	Direction	Distance (coût)
C	Local	0
A	2	2
B	2	1

Réaction du routeur A

- Après réception, A a constaté que toutes les entrées du vecteur reçu étaient déjà présentes dans sa table et ce pour des distances égales ou supérieures (de surcroît pour la distance vers C).
- Il n'apporte aucune modification à sa table.

Comptage à l'infini de l'algorithme



Routeur A		
Réseau Destination	Direction	Distance (coût)
A	Local	0
B	1	1
C	1	2

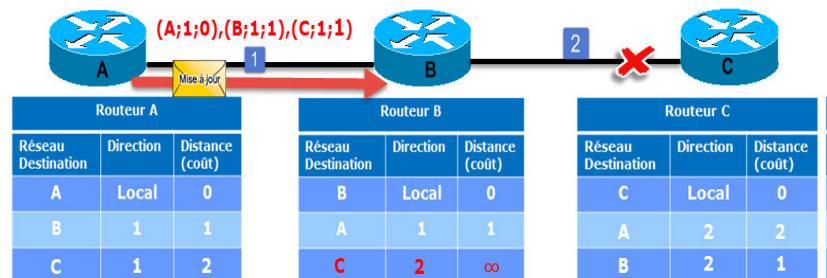
Routeur B		
Réseau Destination	Direction	Distance (coût)
B	Local	0
A	1	1
C	2	∞

Routeur C		
Réseau Destination	Direction	Distance (coût)
C	Local	0
A	2	2
B	2	1

Envie du routeur A

- A envoie son vecteur à ses voisins directs en 'occurrence ici B,
- En lui indiquant qu'il peut rejoindre C en 2 sauts.

Comptage à l'infini de l'algorithme



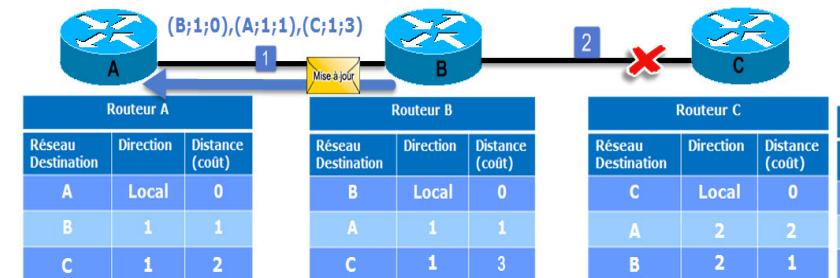
Réaction du routeur B

- B reçoit le vecteur de A.
- Apprend qu'il peut rejoindre à nouveau C par la voie 1 pour un coût de $2+1=3$ (distance de B à A plus coût de A à C).

Plan de chapitre

- 1 Introduction
- 2 Principe et caractéristiques de l'algorithme VDD
- 3 Mises-à-jour de la table de routage
- 4 Convergence de l'algorithme
- 5 Adaptation de l'algorithme
- 6 Comptage à l'infini de l'algorithme
- 7 Avantages et Inconvénients des protocoles de routage à vecteur de distance
- 8 Solutions de problème de métrique de mesure infinie (boucle)
- 9 Protocoles de routage à vecteur de distance

Comptage à l'infini de l'algorithme



Envoie du routeur B

- B envoie son vecteur de distance à A.
- Celui-ci constate que la distance de C en provenance de la voie 1 a augmenté et est passé à 3.
- Il met à jour son entrée vers C avec la distance $3+1=4$ (coût de B pour joindre C plus distance pour atteindre de B de A).

Avantages et Inconvénients des protocoles de routage à vecteur de distance

Avantages :

Implémentation et maintenance simples. Le niveau de connaissances requis pour déployer et effectuer la maintenance ultérieure d'un réseau avec un protocole à vecteur de distance n'est pas élevé.

Faibles ressources requises. Les protocoles à vecteur de distance n'ont généralement pas besoin de grandes quantités de mémoire pour stocker les informations. Ils ne nécessitent pas non plus une UC puissante. Selon la taille du réseau et l'adressage IP implémentés, ils ne nécessitent généralement pas une bande passante importante pour envoyer les mises à jour de routage. Cependant, cela peut devenir un problème si vous déployez un protocole à vecteur de distance dans un réseau important.

Inconvénients :

Convergence lente. L'utilisation de mises à jour périodiques peut ralentir la convergence. Même si des techniques avancées sont utilisées, telles que les mises à jour déclenchées qui seront abordées ultérieurement, la convergence globale est toujours plus lente que celle constatée avec les protocoles de routage à état de liens.

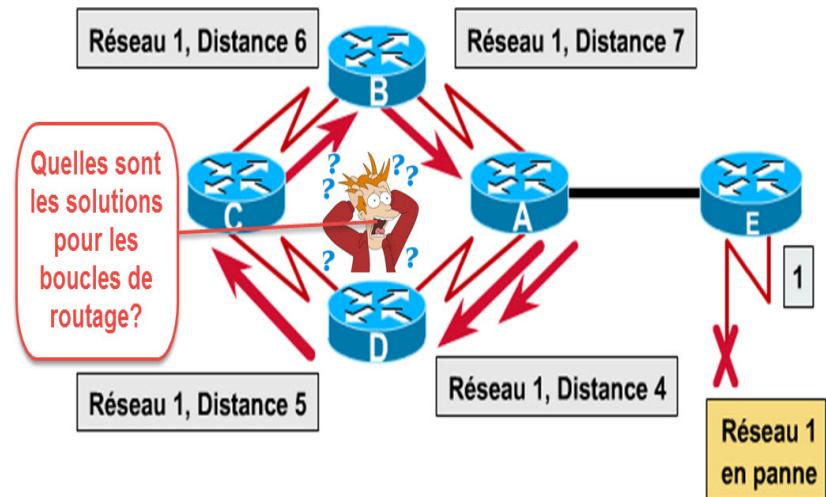
Évolutivité limitée. La convergence lente peut limiter la taille du réseau car des réseaux plus importants nécessitent davantage de temps pour propager les informations de routage.

Boucles de routage. Des boucles de routage peuvent survenir lorsque des tables de routage incohérentes ne sont pas mises à jour en raison d'une convergence lente dans un

Plan de chapitre

- 1 Introduction
- 2 Principe et caractéristiques de l'algorithme VDD
- 3 Mises-à-jour de la table de routage
- 4 Convergence de l'algorithme
- 5 Adaptation de l'algorithme
- 6 Comptage à l'infini de l'algorithme
- 7 Avantages et Inconvénients des protocoles de routage à vecteur de distance
- 8 Solutions de problème de métrique de mesure infinie (boucle)
- 9 Protocoles de routage à vecteur de distance

Solutions de problème de métrique de mesure infinie



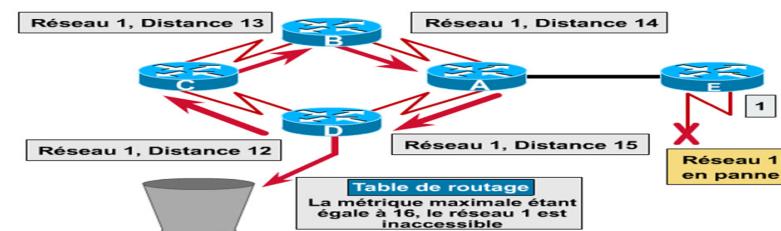
Solutions de problème de métrique de mesure infinie

Plusieurs mécanismes, principalement associés aux protocoles de routage à vecteur de distance, sont disponibles pour éliminer les boucles de routage :

- Définition d'une métrique maximale pour éviter le comptage à l'infini.
- Minutiers de mise hors service.
- Découpage d'horizon.

Définition d'une métrique maximale

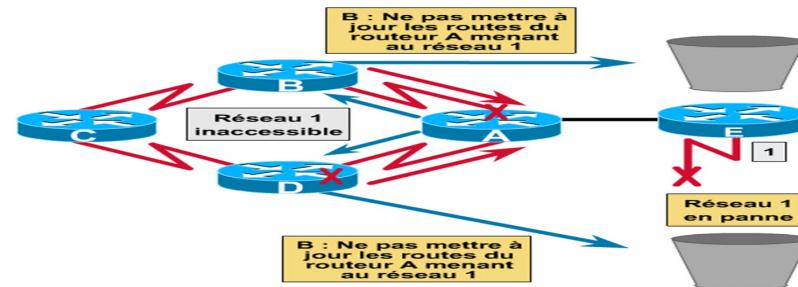
Pour arrêter l'incrémentation d'une métrique, l'**infini** est défini par l'attribution d'une valeur maximale à la métrique (le cas de **RIP infini = 16**).



- Grâce à cette méthode, le protocole de routage permet à la boucle de routage d'exister jusqu'à ce que la métrique dépasse la valeur maximale autorisée.
- La figure indique une valeur métrique de 16 sauts, qui dépasse la valeur maximale par défaut du vecteur de distance égale à 15 sauts.
- Dans ce cas, le routeur ignore le paquet.
- Dans tous les cas, le réseau 1 est considéré comme inaccessible lorsque la valeur métrique dépasse la valeur maximale.

Découpage d'Horizon (Split Horizon)

Selon la règle de découpage d'horizon, un routeur ne doit pas annoncer de réseau par le biais de l'interface dont est issue la mise à jour.



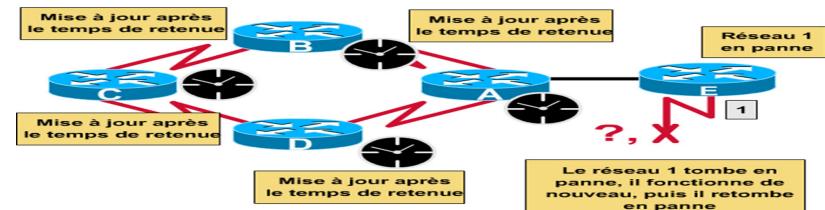
- Comme l'illustre la figure, si une mise à jour de routage relative au réseau 1 provient du routeur A, le routeur B ou D ne peut pas renvoyer au routeur A les informations relatives au réseau 1.
- La solution **split horizon** réduit ainsi les informations de routage erronées ainsi que la charge de routage.

Plan de chapitre

- 1 Introduction
- 2 Principe et caractéristiques de l'algorithme VDD
- 3 Mises-à-jour de la table de routage
- 4 Convergence de l'algorithme
- 5 Adaptation de l'algorithme
- 6 Comptage à l'infini de l'algorithme
- 7 Avantages et Inconvénients des protocoles de routage à vecteur de distance
- 8 Solutions de problème de métrique de mesure infinie (boucle)
- 9 Protocoles de routage à vecteur de distance

Compteurs de retenue

Lorsqu'un routeur reçoit une mise à jour d'un routeur voisin lui indiquant qu'un réseau auparavant accessible est devenu inaccessible, il marque la route comme étant inaccessible et déclenche un compteur de retenue.



- Si avant l'expiration du délai de retenue, le routeur reçoit une mise à jour du même voisin indiquant que le réseau est de nouveau accessible.
- Il marque le réseau comme étant accessible et désactive le compteur de retenue.
- Le fait d'ignorer une telle mise à jour lorsqu'un compteur de retenue est actif permet de disposer de plus de temps pour transmettre à l'ensemble du réseau les informations relatives à une modification perturbatrice.

Protocoles de routage à vecteur de distance

Exemples de protocoles de routage à vecteur de distance :

- Le protocole RIP (Routing Information Protocol).
- Le protocole IGRP (Interior Gateway Routing Protocol).
- Le protocole EIGRP (Enhanced IGRP).

QUESTIONS ?

