

archi 21 - Routage OSPF

I - Protocole OSPF Open Shortest Path First

Le protocole **Open Shortest Path First** est un autre type de protocole. Le principe est différent de RIP : chaque routeur reçoit des informations sur l'**existence** et la **qualité** des liaisons entre tous les routeurs.

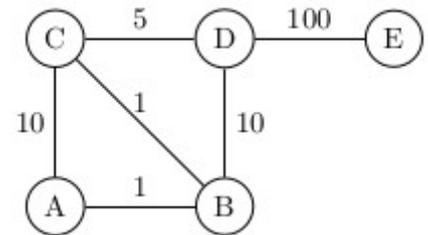
Exemple : (A-B, 1) veut dire qu'il existe une liaison de coût 1 entre A et B.

Exemple de cours : Un routeur A dispose des informations suivantes :

(A-B, 1) ce que veut dire que A et B sont en liaison avec un coût de 1.

(A-C, 10) ce que veut dire que A et C sont en liaison avec un coût de 10.

(B-C, 1), (B-D, 10), (C-D, 5) et (D-E, 100).



On peut alors représenter le réseau sous forme d'un graphe où les sommets sont les routeurs et les arcs les liaisons.

DESCRIPTION

- Rôle** : l'un des routeurs tient un rôle central. Il porte le nom de **Routeur Désigné** (DR Designated Router en anglais). Les autres routeurs du système autonome lui envoient leurs informations d'état de lien (**X-Y, coût de la liaison**). C'est ce routeur qui gère la base de données du réseau. Il transmet les modifications aux autres routeurs dès qu'il en reçoit.
- Métrique** : La métrique utilisée pour définir les distances est liée au débit de la connexion entre deux routeurs. OSPF préférera une route "fibre optique" en 5 sauts à une route "Ethernet" en 2 sauts.
- Informations transmises** : c'est un **protocole à état de liens** : chaque routeur transmet au **Routeur Désigné** l'état de la connexion avec l'un de ses voisins directs : (**routeur X, routeur Y, coût de la liaison**).
- Connaissance du réseau** : OSPF permet aux routeurs de connaître précisément les liens entre tous les routeurs du système autonome, ainsi que la qualité de leurs liaisons. Les routeurs en OSPF connaissent le chemin exact que devrait prendre le paquet IP, pas uniquement le prochain routeur à qui transmettre.
- Taille** : OSPF permet de gérer des systèmes autonomes de plus de 1000 routeurs.
- Mise en place** : la phase d'initialisation d'OSPF est beaucoup plus rapide que celle de RIP puisqu'un routeur envoie un message d'état de lien dès qu'il détecte un changement et pas toutes les 30s uniquement. Même en tenant compte des élections pour désigner le **Routeur Désigné**, le routage converge rapidement.

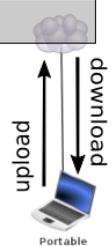
III - Métrique OSPF

La **bande passante** caractérise la valeur maximale d'une communication (exprimée en **bit.s⁻¹**).

Le **débit** caractérise, lui, la valeur réelle de cette capacité de transmission.

Selon les technologies, le débit peut être différent selon le sens :

- on parle de **débit descendant** (download / téléchargement) lorsqu'on va vers l'ordinateur
- on parle de **débit montant** (upload / téléversement) lorsqu'on sort de l'ordinateur.



L'unité du débit est le bit par seconde : **bit.s⁻¹**

- Le **kilo-bit par seconde** : **kbit.s⁻¹**
 - 1 kbit.s⁻¹ = 1 000 bit.s⁻¹ = 1.10³ bit.s⁻¹
 - kilo signifie donc mille
 - Modem (pour modulateur-démodulateur) : 56 kbit.s⁻¹ / 48 kbit.s⁻¹ en down / up
- Le **Mega-bit par seconde** : **Mbit.s⁻¹**
 - 1 Mbit.s⁻¹ = 1 000 000 bit.s⁻¹ = 1.10⁶ bit.s⁻¹
 - Mega signifie donc million
 - Certains Bluetooth (environ 3 Mbit.s⁻¹)
 - Certains Ethernet (10 Mbit.s⁻¹ et +)
- Le **Giga-bit par seconde** : **Gbit.s⁻¹**
 - 1 Gbit.s⁻¹ = 1 000 000 000 bit.s⁻¹ = 1.10⁹ bit.s⁻¹
 - Giga signifie donc milliard
 - 5G : 1 Gbit.s⁻¹ / 300 Mbit.s⁻¹ en down / up
 - FTTH (Fiber To The Home) : 10 Gbit.s⁻¹
- Wifi (10 Mbit.s⁻¹ et +)
- ADSL : 13 Mbit.s⁻¹ / 1 Mbit.s⁻¹ en down / up
- Satellite : 50 Mbit.s⁻¹ / 1 Mbit.s⁻¹ en down / up
- 4G : 100 Mbit.s⁻¹ / 50 Mbit.s⁻¹ en down / up
- FastEthernet : 100 Mbit.s⁻¹

01° Exprimer une bande passante de 20 Mbit.s⁻¹ en puissance de 10 en bit.s⁻¹.

02° Exprimer une bande passante de 500 Mbit.s⁻¹ en puissance de 10 en convertissant en bit.s⁻¹.

03° Exprimer une bande passante de 56 kbit.s⁻¹ en puissance de 10 en convertissant en bit.s⁻¹.

04° Exprimer une bande passante de 3 Gbit.s⁻¹ en puissance de 10 en convertissant en bit.s⁻¹.

On notera que $10^a \times 10^b = 10^{a+b}$

De même $10^a / 10^b = 10^{a-b}$

On notera que $e^a \times e^b = e^{a+b}$

De même $e^a / e^b = e^{a-b}$

D'ailleurs, notons au passage que la fonction logarithme fait précisément l'inverse :

$$\log(a) + \log(b) = \log(a \times b)$$

$$\log(a) - \log(b) = \log(a / b)$$

Métrique OSPF :

Le coût c d'une liaison est obtenu en **divisant** une **valeur de référence** par le **débit D** de la liaison. Sur la plupart des systèmes travaillant en OSPF, la valeur de référence par défaut est de 1.10^8 .

Avec cette valeur de référence, on obtient alors : $c = \frac{10^8}{d}$

Particularité d'OSPF : on arrondit les coûts à l'entier.

Le coût des liaisons transmises est un **entier compris entre 1 et 65535**.

$$c = \frac{10^8}{10^9} = 10^{8-9} = 10^{-1} = 0.1? \quad \longrightarrow \quad c = \frac{10^8}{10^9} = 1$$

05° Calculer la métrique OSPF d'une liaison Fibre, FastEthernet puis Ethernet avec par défaut 10^8

06° Calculer la métrique OSPF d'une liaison Fibre, FastEthernet puis Ethernet avec par défaut 10^{10}

07° Quelle est la valeur par défaut qui ne provoque aucune différence de traitement entre Fibre et FastEthernet ? Le choix de la valeur par défaut a-t-il une influence sur les routes obtenues à travers le réseau ?

08° Que vaut la bande passante d'une liaison dont le coût OSPF est de 50 avec une référence de 10^8 .

09° Un routeur A3 fonctionnant sous OSPF reçoit les informations suivantes :

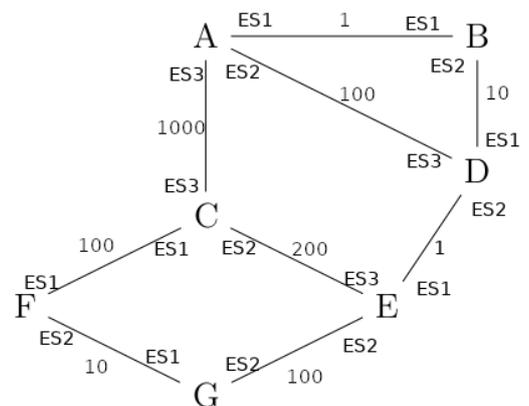
- Liaison A - B avec un coût de 1
- Liaison A - C avec un coût de 1000
- Liaison A - D avec un coût de 100
- Liaison B - D avec un coût de 10
- Liaison C - E avec un coût de 200
- Liaison C - F avec un coût de 100
- Liaison D - E avec un coût de 1
- Liaison E - G avec un coût de 100
- Liaison F - G avec un coût de 10

Représenter le tout sous forme d'un graphe où les sommets sont les routeurs et les arcs portent les coûts.

10° Quel est le coût de la liaison AE ? Calculer toutes les routes possibles et choisir celle qui présente le coût le plus faible. Question supplémentaire : contrairement au cas RIP, le routeur A a-t-il les moyens de connaître la route que va suivre le paquet le long du trajet A vers E ?

On prendra maintenant en compte le graphe ci-contre, qui devrait être similaire au votre sauf qu'il fournit des noms aux interfaces.

11° Ecrire alors la table de routage (voir page suivante) que le routeur pourrait bâtir à partir de ces données. On donne le nom des interfaces sur le graphe ci-dessous. Le nom des interfaces menant aux réseaux internes (non représentés ici) est toujours ES4 sur ce graphe.



12° Même question mais cette fois, le routeur A doit éviter pour des raisons de sécurité d'envoyer des paquets passant par E sauf pour les paquets destinés à E. OSPF est-il capable d'intégrer cette contrainte pour réaliser une nouvelle table de routage ? Réaliser cette nouvelle table.

13° Expliquer pourquoi les informations reçues par A dans le cadre de RIP ne lui permettent pas de faire de même.

Destinataire	Passerelle	Interface	Métrique (coût)
A3	Localhost	Localhost	-
A	Accès réseau local	ES 4	-
B	B	ES 1	1

L'algorithme permettant d'automatiser cette tâche de recherche est l'[algorithme de Dijkstra](#). Nous en verrons le principe dans la partie algorithmique appliquée aux graphes.

IV - Initialisation et mises à jour des états de lien

Les routeurs OSPF disposent de trois tables en réalité :

1. Une **table personnelle** qui contient les états des liens que la machine a détecté ;
2. Une **table qui contient les états des liens** qu'elle a reçue du réseau ;
3. Une **table de routage** que le routeur a conçu à partir de l'état des liens.

Message HELLO et mise à jour de l'état des liens

Chaque routeur envoie des messages HELLO sur ses interfaces toutes les 10 secondes.

S'il détecte une nouvelle connexion, il en informe le **routeur désigné**.

S'il détecte une absence de plus de 40s, il en informe le **routeur désigné**.

Routeur Désigné

Quel est le routeur élu en tant que Routeur Désigné ? Celui qui possède le plus grand priorité pour le devenir et en cas d'égalité, celui qui a le plus grand numéro par exemple.

Sa tâche est de récupérer les états des liens envoyés par les routeurs et de rediffuser ces informations à l'ensemble de ses routeurs.

V - Exercice

On considère le système autonome suivant comportant 6 routeurs (A10, A20, A30, A40, A50 et A90).

A10 est relié à A20 avec une liaison de Bande Passante 10 Gbit.s⁻¹.

A10 est relié à A30 avec une liaison de Bande Passante 10 Mbit.s⁻¹.

A10 est relié à A40 avec une liaison de Bande Passante 100 Mbit.s⁻¹.

A10 est relié à A90 avec une liaison de Bande Passante 10 Gbit.s⁻¹.

A20 est relié à A40 avec une liaison de Bande Passante 1 Gbit.s⁻¹.

A20 est relié à A90 avec une liaison de Bande Passante 10 Gbit.s⁻¹.

A30 est relié à A50 avec une liaison de Bande Passante 100 Mbit.s⁻¹.

A30 est relié à A90 avec une liaison de Bande Passante 100 Mbit.s⁻¹.

A50 est relié à A90 avec une liaison de Bande Passante 10 Mbit.s⁻¹.

14° Quel routeur a été choisi comme routeur désigné visiblement ?

15° Représenter les liaisons via un graphe. Placer les Bandes Passantes sur les arcs.

16° Calculer les coûts OSPF des liaisons.

On prendra une valeur par défaut de 10⁸, certains coûts devront donc être évalués à 1 même si leurs valeurs réelles sont inférieures à 1.

17° Représenter alors le graphe en plaçant ces coûts sur les arcs.

18° Déterminer la route choisie par OSPF entre le routeur A40 et le routeur A50.

19° A90 tombe en panne. Qui va le remplacer en tant que routeur désigné ?

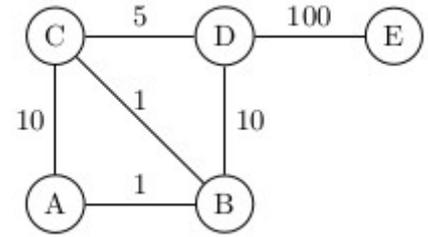
20° A90 tombe en panne. Quelle route prendre entre A40 et A50. Le résultat aura-t-il été le même si on avait pris une valeur de référence de 10 Gbit.s⁻¹ ?

archi 21 - Routage OSPF (exercices)



I - Protocole OSPF Open Shortest Path First

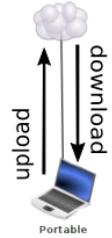
Exemple de cours : Un routeur A dispose des informations suivantes :
(A-B, 1) ce que veut dire que A est B sont en liaison avec un coût de 1.
(A-C, 10) ce que veut dire que A est C sont en liaison avec un coût de 10.
(B-C, 1), (B-D, 10), (C-D, 5) et **(D-E, 100)**.



On peut alors représenter le réseau sous forme d'un graphe où les sommets sont les routeurs et les arcs les liaisons.

III - Métrique OSPF

- 01° Exprimer une bande passante de 20 Mbit.s⁻¹ en puissance de 10 en bit.s⁻¹.
- 02° Exprimer une bande passante de 500 Mbit.s⁻¹ en puissance de 10 en convertissant en bit.s⁻¹.
- 03° Exprimer une bande passante de 56 kbit.s⁻¹ en puissance de 10 en convertissant en bit.s⁻¹.
- 04° Exprimer une bande passante de 3 Gbit.s⁻¹ en puissance de 10 en convertissant en bit.s⁻¹.

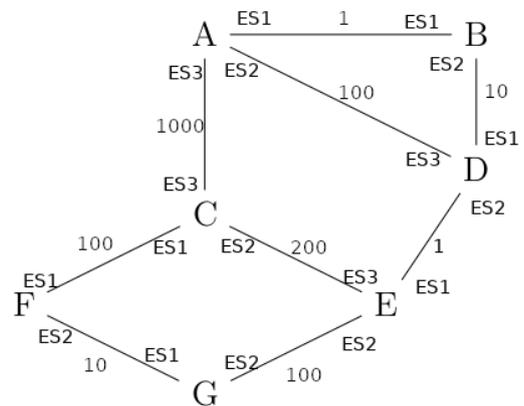


- 05° Calculer la métrique OSPF d'une liaison Fibre, FastEthernet puis Ethernet avec par défaut 10⁸
- 06° Calculer la métrique OSPF d'une liaison Fibre, FastEthernet puis Ethernet avec par défaut 10¹⁰
- 07° Quelle est la valeur par défaut qui ne provoque aucune différence de traitement entre Fibre et FastEthernet ? Le choix de la valeur par défaut a-t-il une influence sur les routes obtenues à travers le réseau ?
- 08° Que vaut la bande passante d'une liaison dont le coût OSPF est de 50 avec une référence de 10⁸.

On prendra maintenant en compte le graphe ci-contre, qui devrait être similaire au votre sauf qu'il fournit des noms aux interfaces.

09° Un routeur A3 fonctionnant sous OSPF reçoit les informations suivantes :

- Liaison A - B avec un coût de 1
- Liaison A - C avec un coût de 1000
- Liaison A - D avec un coût de 100
- Liaison B - D avec un coût de 10
- Liaison C - E avec un coût de 200
- Liaison C - F avec un coût de 100
- Liaison D - E avec un coût de 1
- Liaison E - G avec un coût de 100
- Liaison F - G avec un coût de 10



Représenter le tout sous forme d'un graphe où les sommets sont les routeurs et les arcs portent les coûts.

12° Même question mais cette fois, le routeur A doit éviter pour des raisons de sécurité d'envoyer des paquets passant par E sauf pour les paquets destinés à E. OSPF est-il capable d'intégrer cette contrainte pour réaliser une nouvelle table de routage ? Réaliser cette nouvelle table.

10° Quel est le coût de la liaison AE ? Calculer toutes les routes possibles et choisir celle qui présente le coût le plus faible. Question supplémentaire : contrairement au cas RIP, le routeur A a-t-il les moyens de connaître la route que va suivre le paquet le long du trajet A vers E ?

13° Expliquer pourquoi les informations reçues par A dans le cadre de RIP ne lui permettent pas de faire de même.

Destinataire	Passerelle	Interface	Métrique (coût)
A3	Localhost	Localhost	-
A	Accès réseau local	ES 4	-
B	B	ES 1	1

IV - Initialisation et mises à jour des états de lien

Les routeurs OSPF disposent de trois tables en réalité :

1. Une **table personnelle** qui contient les états des liens que la machine a détecté
2. Une **table qui contient les états des liens** qu'elle a reçue du réseau
3. Une **table de routage** que le routeur a conçu à partir de l'état des liens

Message HELLO et mise à jour de l'état des liens

Chaque routeur envoie des messages HELLO sur ses interfaces toutes les 10 secondes. S'il détecte une nouvelle connexion, il en informe le **routeur désigné**. S'il détecte une absence de plus de 40s, il en informe le **routeur désigné**.

Routeur Désigné

Quel est le routeur élu en tant que Routeur Désigné ? Celui qui possède le plus grand priorité pour le devenir et en cas d'égalité, celui qui a le plus grand numéro par exemple. Sa tâche est de récupérer les états des liens envoyés par les routeurs et de rediffuser ces informations à l'ensemble de ses routeurs.

V - Exercice

On considère le système autonome suivant comportant 6 routeurs (A10, A20, A30, A40, A50 et A90).

A10 est relié à A20 avec une liaison de Bande Passante 10 Gbit.s^{-1} .

A10 est relié à A30 avec une liaison de Bande Passante 10 Mbit.s^{-1} .

A10 est relié à A40 avec une liaison de Bande Passante 100 Mbit.s^{-1} .

A10 est relié à A90 avec une liaison de Bande Passante 10 Gbit.s^{-1} .

A20 est relié à A40 avec une liaison de Bande Passante 1 Gbit.s^{-1} .

A20 est relié à A90 avec une liaison de Bande Passante 10 Gbit.s^{-1} .

A30 est relié à A50 avec une liaison de Bande Passante 100 Mbit.s^{-1} .

A30 est relié à A90 avec une liaison de Bande Passante 100 Mbit.s^{-1} .

A50 est relié à A90 avec une liaison de Bande Passante 10 Mbit.s^{-1} .

14° Quel routeur a été choisi comme routeur désigné visiblement ?

15° Représenter les liaisons via un graphe. Placer les Bandes Passantes sur les arcs.

16° Calculer les coûts OSPF des liaisons.

On prendra une valeur par défaut de 10^8 , certains coûts devront donc être évalués à 1 même si leurs valeurs réelles sont inférieures à 1.

17° Représenter alors le graphe en plaçant ces coûts sur les arcs.

18° Déterminer la route choisie par OSPF entre le routeur A40 et le routeur A50.

19° A90 tombe en panne. Que va le remplacer en tant que routeur désigné ?

20° A90 tombe en panne. Quelle route prendre entre A40 et A50. Le résultat aura-t-il été le même si on avait pris une valeur de référence de 10 Gbit.s^{-1} ?