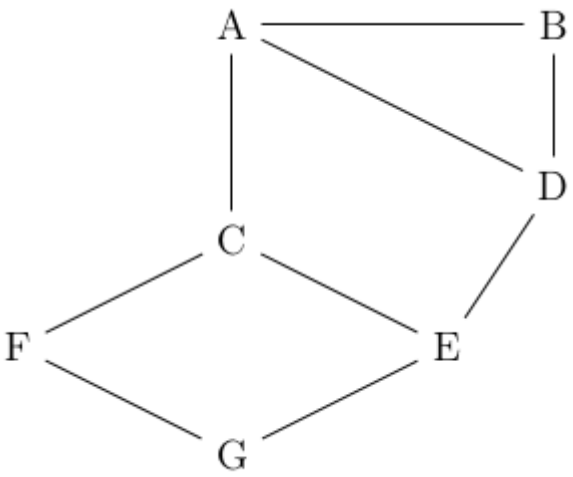
Thème 3 - Architecture matérielle

BAC Protocole de Routage

1. Sujet n°1 : sujet zéro

Exercice 1. Sujet zéro

On considère un réseau composé de plusieurs routeurs reliés de la façon suivante :



1.1. ➞ Le protocole RIP

Le protocole RIP permet de construire les tables de routage des différents routeurs, en indiquant pour chaque routeur la distance, en nombre de sauts, qui le sépare d'un autre routeur. Pour le réseau ci-dessus, on dispose des tables de routage suivantes :

Table de routage du routeur A		
Destination	Routeur suivant	Distance
B	B	1
C	C	1
D	D	1
E	C	2
F	C	2
G	C	3

Table de routage du routeur B		
Destination	Routeur suivant	Distance
A	A	1
C	A	2
D	D	1
E	D	2
F	A	3
G	D	3

Table de routage du routeur C		
Destination	Routeur suivant	Distance
A	A	1
B	A	2
D	E	2
E	E	1
F	F	1
G	F	2

Table de routage du routeur D		
Destination	Routeur suivant	Distance
A	A	1
B	B	1
C	E	2
E	E	1
F	A	3
G	E	2

Table de routage du routeur E		
Destination	Routeur suivant	Distance
A	C	2
B	D	2
C	C	1
D	D	1
F	G	2
G	G	1

Table de routage du routeur F		
Destination	Routeur suivant	Distance
A	C	2
B	C	3
C	C	1
D	C	3
E	G	2
G	G	1

Question 1

1. Le routeur A doit transmettre un message au routeur G, en effectuant un nombre minimal de sauts. Déterminer le trajet parcouru.
2. Déterminer une table de routage possible pour le routeur G obtenu à l'aide du protocole RIP.

Réponse

1. trajet possible ACFG 'Lecture des table de routage. La distance est de 3.
2.

Destination	Routeur suivant	Distance
A	F	3
B	E	3
C	F	2
D	E	2
E	E	1
F	F	1

Question 2

Le routeur C tombe en panne. Reconstruire la table de routage du routeur A en suivant le protocole RIP.

Réponse

Destination	Routeur suivant	Distance
B	B	1
D	D	1
E	D	2
F	D	4
G	D	3

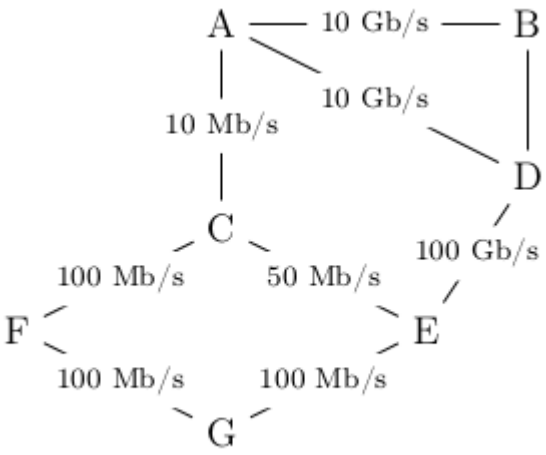
1.2. ➞ Le protocole OSPF

Contrairement au protocole RIP, l'objectif n'est plus de minimiser le nombre de routeurs traversés par un paquet. La notion de distance utilisée dans le protocole OSPF est uniquement liée aux coûts des liaisons.
L'objectif est alors de minimiser la somme des coûts des liaisons traversées.
Le coût d'une liaison est donné par la formule suivante :

$$coût = \frac{10^8}{d}$$

où d est la bande passante en bits/s entre les deux routeurs.

On a rajouté sur le graphe représentant le réseau précédent les différents débits des liaisons.
On rappelle que 1 Gb/s = 1 000 Mb/s = 10^9 bits/s.



Question 3

1. Vérifier que le coût de la liaison entre les routeurs A et B est 0,01.
2. La liaison entre le routeur B et D a un coût de 5. Quel est le débit de cette liaison ?

Réponse

3.1

A -> B : 10 Gb/s soit un coût : $\frac{10^8}{10 \times 10^9} = 0.01$

3.2

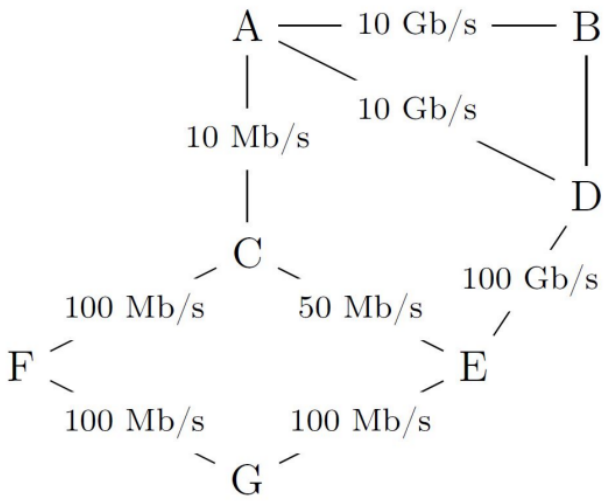
$\frac{10^8}{d} = 5 \rightarrow d = \frac{10^8}{5} = 2 \times 10^7$ b/s soit 20 Mb/s

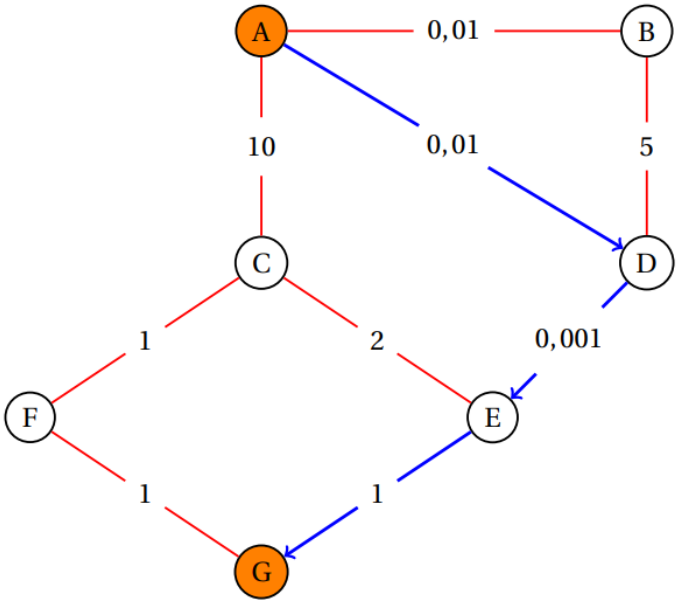
Question 4

Le routeur A doit transmettre un message au routeur G, en empruntant le chemin dont la somme des coûts sera la plus petite possible. Déterminer le chemin parcouru. On indiquera le raisonnement utilisé.

Réponse

Débit d bits/s	Coût $= \frac{10^8}{d}$
$d = 10Gb/s = 10^{10} bits/s$	coût $= 10^8 \times 10^{-10} = 10^{-2} = 0,01$
$d = 100Gb/s = 10^{11} bits/s$	coût $= 10^8 \times 10^{-11} = 10^{-3} = 0,001$
$d = 100Mb/s = 10^8 bits/s$	coût $= 10^8 \times 10^{-8} = 1$
$d = 50Mb/s = 5 \times 10^7 bits/s$	coût $= 0,2 \times 10^8 \times 10^{-7} = 2$
$d = 10Mb/s = 10^7 bits/s$	coût $= 10^8 \times 10^{-7} = 10$





Départ	A	B	C	D	E	F	G	Sommet choisi
	0	∞	∞	∞	∞	∞	∞	A
A(0)		0,01 (A)	10 (A)	0,01(A)	∞	∞	∞	B (A)
B(0,01)			10 (A)	~~5,01(B)~~ 0,01(A)	∞	∞	∞	D (A)
D(0,01)			10 (A)		0,011(D)	∞	∞	E(D)
E(0,011)			~~10 (A)~~ 2,011(E)			∞	1,011(E)	G (E)
G(1,011)						2,011(G)		F (G)
F(2,011)			~~3,011(F)~~ 2,011(E)					C (E)

Le parcourt avec un coût minimal pour aller de A à G est donc ADEG dont le coût est 1,011.

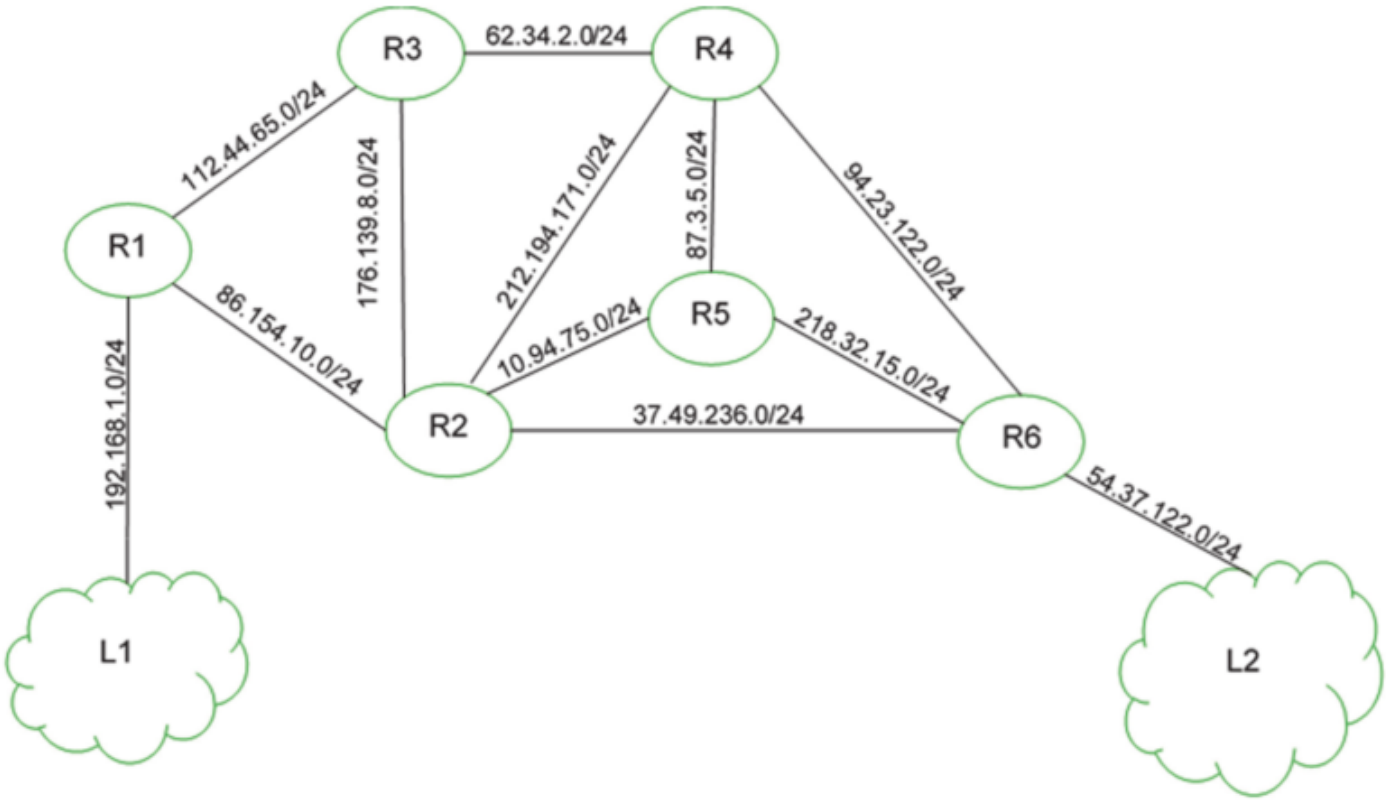
Correction du tableau de l'algorithme de Dijkstra

2. Sujet n°2

Exercice 2.

Cet exercice porte sur les réseaux et les protocoles de routage.

On représente ci-dessous un réseau dans lequel R1, R2, R3, R4, R5 et R6 sont des routeurs. Le réseau local L1 est relié au routeur R1 et le réseau local L2 au routeur R6.



Rappels et notations

Dans cet exercice, les adresses IP sont composées de 4 octets, soit 32 bits. Elles sont notées X1.X2.X3.X4, où X1, X2, X3 et X4 sont les valeurs des 4 octets, convertis en notation décimale.

La notation X1.X2.X3.X4/n signifie que les n premiers bits de poids forts de l'adresse IP représentent la partie « réseau », les bits suivants représentent la partie « hôte ».

Toutes les adresses des hôtes connectés à un réseau local ont la même partie réseau et peuvent donc communiquer directement. L'adresse IP dont tous les bits de la partie « hôte » sont à 0 est appelée « adresse du réseau ».

On donne également des extraits de la table de routage des routeurs R1 à R5 dans le tableau suivant :

Routeur	Réseau destinataire	Passerelle	Interface

Routeur	Réseau destinataire	Passerelle	Interface
R1	54.37.122.0/24	86.154.10.1	86.154.10.56
R2	54.37.122.0/24	37.49.236.22	37.49.236.23
R3	54.37.122.0/24	62.34.2.8	62.34.2.9
R4	54.37.122.0/24	94.23.122.10	94.23.122.11
R5	54.37.122.0/24	218.32.15.1	218.32.15.2

Question 1

Un paquet part du réseau local L1 à destination du réseau local L2.

a. En utilisant l'extrait de la table de routage de R1, vers quel routeur R1 envoie-t-il ce paquet : R2 ou R3 ? Justifier.
b. A l'aide des extraits de tables de routage ci-dessus, nommer les routeurs traversés par ce paquet, lorsqu'il va du réseau L1 au réseau L2.

Réponse 1.a

L'extrait de la table de routage de R1 montre que pour atteindre le réseau L2 (57.37.122.0/24) les paquets doivent être envoyés via l'interface 86.154.10.56. Cette interface fait partie du réseau 86.154.10.0/24. Le routeur R2 fait aussi partie de ce réseau. On peut donc affirmer que depuis R1, les paquets seront dirigés vers R2.

Réponse 1.b

L1 -> R1 -> R2 -> R6 -> L2

Question 2

La liaison entre R1 et R2 est rompue.

a. Sachant que ce réseau utilise le protocole RIP (distance en nombre de sauts), donner l'un des deux chemins possibles que pourra suivre un paquet allant de L1 vers L2.
b. Dans les extraits de tables de routage ci-dessus, pour le chemin de la question 2.a, quelle(s) ligne(s) sera (seront) modifiée(s) ?

Réponse 2.a

L1 -> R1 -> R3 -> R4 -> R6 -> L2

Réponse 2.b

Vu le chemin choisi à la question 2a, seule la ligne R1 sera modifiée (réseau 112.44.65.0 à la place du réseau 86.154.10.0).

Question 3

On a rétabli la liaison entre R1 et R2.
Par ailleurs, pour tenir compte du débit des liaisons, on décide d'utiliser le protocole OSPF (distance liée au coût minimal des liaisons) pour effectuer le routage. Le coût des liaisons entre les routeurs est donné par le tableau suivant :

Liaison	R1-R2	R1-R3	R2-R3	R2-R4	R2-R5	R2-R6
Coût	100	100	?	1	10	10

a. Le coût C d'une liaison est donné ici par la formule :

$$C = \frac{10^9}{BP}$$

où BP est la bande passante de la connexion en bps (bit par seconde).
Sachant que la bande passante de la liaison R2-R3 est de 10 Mbps, calculer le coût correspondant.
b. Déterminer le chemin parcouru par un paquet partant du réseau L1 et arrivant au réseau L2, en utilisant le protocole OSPF.
c. Indiquer pour quel(s) routeur(s) l'extrait de la table de routage sera modifié pour un paquet à destination de L2, avec la métrique OSPF.

Réponse 2.a

$$C = \frac{10^9}{10^7} = 100$$

Réponse 2.b

La route avec le coût minimum (103) est la suivante :
L1 -> R1 -> R2 -> R4 -> R5 -> R6 -> L2

Réponse 2.c

Les tables de routage R2 et R4 seront modifiées.

Annexe

R1 :

IP réseau de destination	Passerelle suivante	Interface
192.168.1.0/24	192.168.1.1	Interface 2
10.1.1.0/24	10.1.1.2	Interface 1
0.0.0.0/0	10.1.1.1	Interface 1

R2 :

IP réseau de destination	Passerelle suivante	Interface
10.1.1.0/24	10.1.1.1	Interface 1
10.1.2.0/24	10.1.2.1	Interface 2
10.1.3.0/24	10.1.3.1	Interface 3
192.168.1.0/24	10.1.1.2	Interface 2
172.16.0.0/16	10.1.3.2	Interface 3

R5 :

IP réseau de destination	Passerelle suivante	Interface
10.1.3.0/24	10.1.3.2	Interface 1
10.1.4.0/24	10.1.4.2	Interface 2
10.1.6.0/24	10.1.6.2	Interface 3
10.1.7.0/24	10.1.7.1	Interface 4

R6 :

IP réseau de destination	Passerelle suivante	Interface
172.16.0.0/16	172.16.0.1	Interface 1

3. Sujet n°3 : 2022, Métropole, J2

Exercice 3. D'après 2022, Métropole, J2, Ex. 3

Rappels :

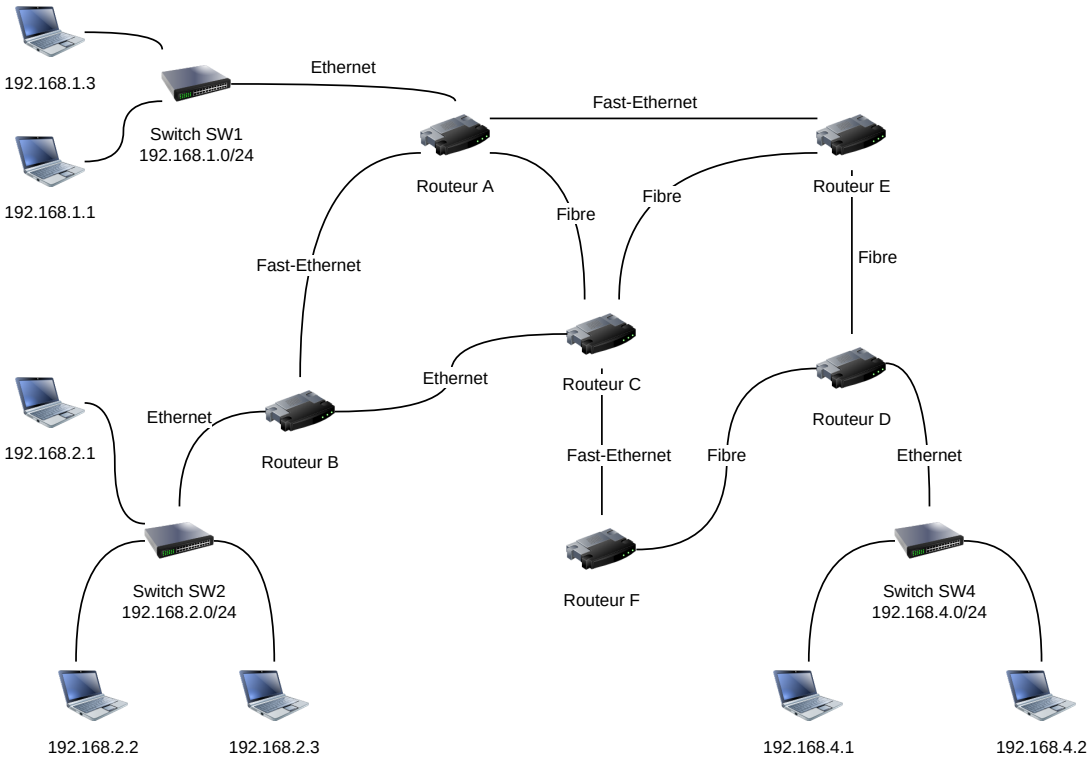
Une adresse IPv4 est composée de 4 octets, soit 32 bits. Elle est notée `a.b.c.d`, où `a`, `b`, `c` et `d` sont les valeurs des 4 octets.

La notation `a.b.c.d/n` signifie que les `n` premiers bits de l'adresse IP représentent la partie « réseau », les bits qui suivent représentent la partie « machine ».

L'adresse IPv4 dont tous les bits de la partie « machine » sont à 0 est appelée « adresse du réseau ».

L'adresse IPv4 dont tous les bits de la partie « machine » sont à 1 est appelée « adresse de diffusion ».

On considère le réseau représenté sur la ci-dessous :



1

1. On considère la machine d'adresse IPv4 `192.168.1.1`.

Question 1.a

Donner l'adresse du réseau sur lequel se trouve cette machine.

Réponse 1.a

On lit sur la figure la dénomination suivante : `192.168.1.0/24`. Les 24 premiers bits, trois octets, représentent l'adresse réseau : celle-ci est donc `192.168.1.0`.

Question 1.b

Donner l'adresse de diffusion (broadcast) de ce réseau.

Réponse 1.b

Les 8 derniers bits, le dernier octet, prennent la valeur `1`. Donc l'adresse de diffusion est `192.168.1.255`.

Question 1.c

Donner le nombre maximal de machines que l'on peut connecter sur ce réseau.

Réponse 1.c

On peut connecter 256 - 2 = 254 machines sur ce réseau.

Question 1.d

On souhaite ajouter une machine sur ce réseau, proposer une adresse IPv4 possible pour cette machine.

Réponse 1.d

On propose `192.168.1.17`.

2

2. La machine d'adresse IPv4 `192.168.1.1` transmet un paquet IPv4 à la machine d'adresse IPv4 `192.168.4.2`.

Question 2.a

Donner toutes les routes pouvant être empruntées par ce paquet IPv4, chaque routeur ne pouvant être traversé qu'une seule fois.

Réponse

Les routes possibles sont :

- A → E → D
- A → E → C → F → D
- A → B → C → E → D
- A → B → C → F → D
- A → C → E → D
- A → C → F → D

Question 2.b

Expliquer l'utilité d'avoir plusieurs routes possibles reliant les réseaux `192.168.1.0/24` et `192.168.4.0/24`.

Réponse

En cas de panne, on pourra utiliser une autre route.

Question 3

Dans cette question, on suppose que le protocole de routage mis en place dans le réseau est RIP. Ce protocole consiste à minimiser le nombre de sauts.

Le schéma du réseau est celui de la figure ci-dessus.

Les tables de routage utilisées sont données ci-dessous :

Routeur A

Destination	passe par
B	...
C	...
D	E
E	...
F	C

Routeur B

Destination	passe par
A	A
C	C
D	C
E	C
F	C

Routeur C

Destination	passe par
A	A
B	B
D	E
E	E

Destination	passe par
F	F

Routeur D

Destination	passe par
A	E
B	F
C	F
E	E
F	F

Routeur E

Destination	passe par
A	A
B	C
C	C
D	D
F	C

Routeur F

Destination	passe par
A	C
B	C
C	C
D	D
E	C

Question 3.a

Recopier et compléter sur la copie la table de routage du routeur A.

Réponse

Table de routage de A :

Destination	Passe par
B	B
C	C
D	E
E	E
F	C

Question 3.b

Un paquet IP doit aller du routeur B au routeur D. En utilisant les tables de routage, donner le parcours emprunté par celui-ci.

Réponse

Le paquet suit le trajet suivant :

- B → C (table de routage de B)
- C → E (table de routage de C)
- E → D (table de routage de E)

Question 3.c

Les connexions entre les routeurs B-C et A-E étant coupées, sur la copie, réécrire les tables de routage des routeurs A, B et C.

Réponse

Routeur A

Destination	Passe par
B	B
C	C
D	C
E	C
F	C

Routeur B

Destination	Passe par
A	A
C	A
D	A
E	A
F	A

Routeur C

Destination	Passe par
A	A
B	A
D	E
E	E
F	F

Question 3.d

Déterminer le nouveau parcours emprunté par le paquet IP pour aller du routeur B au routeur D.

Réponse

Le nouveau parcours est : B → A → C → E → D.

Question 4

Dans cette question, on suppose que le protocole de routage mis en place dans le réseau est OSPF. Ce protocole consiste à minimiser la somme des coûts des liaisons empruntées.

Le coût d'une liaison est défini par la relation $\text{coût} = \frac{10^8}{d}$ où d représente le débit en bit/s et coût est sans unité. Le schéma du réseau reste celui du début de l'exercice.

Question 4.a

Déterminer le coût des liaisons Ethernet ($d = 10^7\,\text{bit/s}$), Fast-Ethernet ($d = 10^8\,\text{bit/s}$) et Fibre ($d = 10^9\,\text{bit/s}$).

Réponse

Les coûts sont les suivants :

- liaison Ethernet : $\frac{10^8}{10^7} = 10$,
- liaison Fast-Ethernet : $\frac{10^8}{10^8} = 1$,
- liaison Fibre : $\frac{10^8}{10^9} = 0,1$

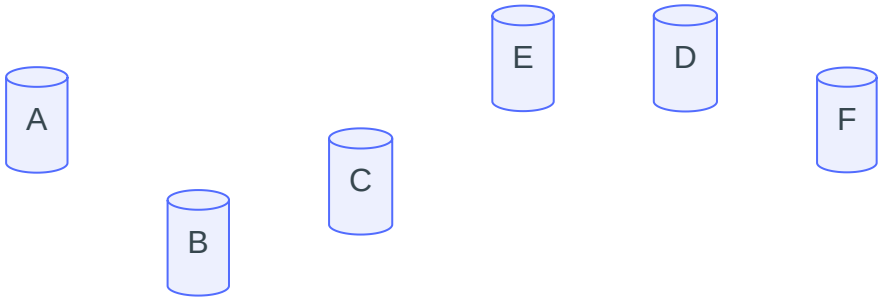
Attention

Dans le protocole OSPF, les coûts sont normalement des nombres entiers strictement positifs (entre 1 et $65\,535$). On peut donc aussi arrondir par excès le coût de la liaison Fibre à 1.

Question 4.b

On veut représenter schématiquement le réseau de routeurs à partir du schéma du réseau.

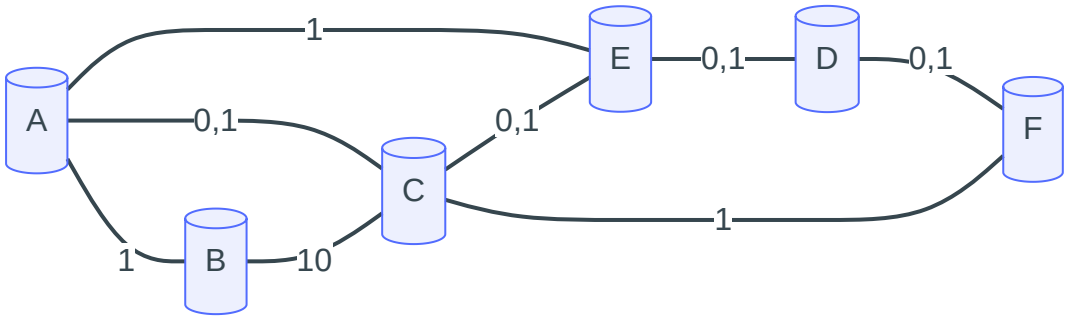
Recopier sur la copie le schéma ci-dessous et tracer les liaisons entre les routeurs en y indiquant leur coût.



Réponse

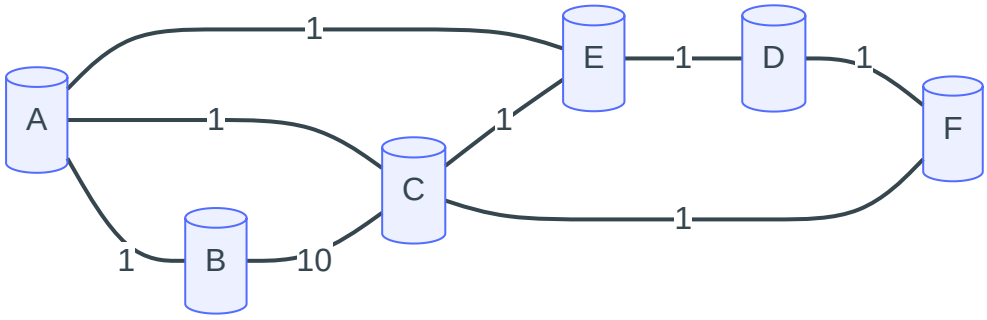
Sans arrondi

On conserve ici la valeur de $0,1$ pour le coût de la liaison Fibre.



Avec arrondi

On arrondit le coût de la liaison Fibre à 1.



Question 4.c

Un paquet IPv4 doit être acheminé d'une machine ayant pour adresse IPv4 `192.168.2.1` à une machine ayant pour adresse IPv4 `192.168.4.1`.

Écrire les routes possibles, c'est à dire la liste des routeurs traversés, et le coût de chacune de ces routes, chaque routeur ne pouvant être traversé qu'une seule fois.

Réponse

Sans arrondi

On conserve la valeur de $0,1$ pour le coût de la liaison Fibre. On aura donc :

Route	Coût
B → A → E → D	2,1
B → C → A → E → D	11,2
B → A → C → F → D	2,2
B → A → C → E → D	1,3
B → A → E → C → F → D	3,2
B → C → F → D	11,1
B → C → E → D	10,2

Sans arrondi

On arrondit le coût de la liaison Fibre à 1. On aura donc :

Route	Coût
B → A → E → D	3
B → C → A → E → D	13
B → A → C → F → D	4
B → A → C → E → D	4
B → A → E → C → F → D	5
B → C → F → D	12
B → C → E → D	12

Question 4.d

Donner, en la justifiant, la route qui sera empruntée par un paquet IPv4 pour aller d'une machine ayant pour adresse IPv4 `192.168.2.1` à une machine ayant pour adresse IPv4 `192.168.4.1`.

Réponse

On choisit le chemin de coût minimal :

- si l'on a conservé un coût de $0,1$ pour la liaison Fibre, on obtient le chemin B → A → C → E → D pour un coût de $1,3$;
- si l'on arrondit ce coût à 1, on obtient le chemin B → A → E → D pour un coût de 3.

4. Sujet 4 : 2022, Métropole, J1

Exercice 4. : D'après 2022, Métropole J1

Question 1

Une adresse IPv4 est représentée sous la forme de 4 nombres entiers positifs séparés par des points. Chacun de ces 4 entiers peut être représenté sur un octet.

Question 1.a

Donner en écriture décimale l'adresse IPv4 correspondant à l'écriture binaire : `11000000.10101000.10000000.10000011`

Réponse

$1+2+128=131$, ainsi l'adresse est `192.168.128.131`.

Question 1.b

Tous les ordinateurs du réseau A ont une adresse IPv4 de la forme : `192.168.128.___`, où seul le dernier octet (représenté par `___`) diffère.

Donner le nombre d'adresses différentes possibles du réseau A.

Réponse

Sur les **256** adresses possibles avec 1 octet on trouvera :

- la valeur 0 qui est réservée pour l'adresse IP du réseau ;
- les valeurs 1 à 254 qui peuvent être utilisées pour les adresses des hôtes dans le réseau ;
- la valeur 255 qui est réservée pour l'adresse de diffusion du réseau.

Question 2

On rappelle que le protocole RIP cherche à minimiser le nombre de routeurs traversés (qui correspond à la métrique). On donne les tables de routage d'un réseau informatique composé de 5 routeurs (appelés A, B, C, D et E), chacun associé directement à un réseau du même nom, obtenues avec le protocole RIP :

Routeur A

Destination	Métrique
A	0
B	1
C	1
D	1
E	2

Routeur B

Destination	Métrique
A	1
B	0
C	2
D	1
E	2

Routeur C

Destination	Métrique
A	1
B	2
C	0
D	1
E	2

Routeur D

Destination	Métrique
A	1
B	1
C	1
D	0
E	1

Routeur E

Destination	Métrique
A	2
B	2
C	2
D	1
E	0

Question 2.a

Donner la liste des routeurs avec lesquels le routeur A est directement relié.

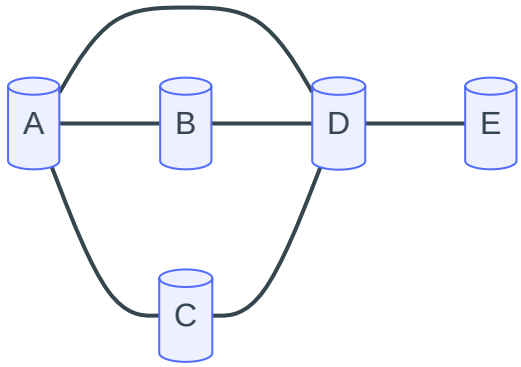
Réponse

Le routeur A est directement relié aux routeurs **B, C et D**, en effet la valeur de la métrique est de 1 pour ces destinations dans la table de routage du routeur A.

Question 2.b

Représenter graphiquement et de manière sommaire les 5 routeurs ainsi que les liaisons existantes entre ceux-ci.

Réponse



Question 3

Le protocole OSPF est un protocole de routage qui cherche à minimiser la somme des métriques des liaisons entre routeurs.
Dans le protocole de routage OSPF le débit des liaisons entre routeurs agit sur la métrique via la relation : $\text{métrique} = \dfrac{10^8}{\text{débit}}$ dans laquelle le débit est exprimé en bit par seconde (bps).

On rappelle qu'un kbps est égal à 10^3 bps et qu'un Mbps est égal à 10^6 bps.

Recopier sur votre copie et compléter le tableau suivant :

Débit	100 kbps	500 kbps	...	100 Mbps
Métrique associée	1000	...	10	1

Réponse

Les deux lignes sont inversement proportionnelles.

Débit	100 kbps	500 kbps	10 Mbps	100 Mbps
Métrique associée	1000	200	10	1

Question 4

Voici la représentation d'un réseau et la table de routage incomplète du routeur F obtenue avec le protocole OSPF :

Routeur F

Destination	Métrique
F	0
G	8
H	5
I	
J	
K	
L	

Les nombres présents sur les liaisons représentent les coûts des routes avec le protocole OSPF.

Question 4.a

Indiquer le chemin emprunté par un message d'un ordinateur du réseau F à destination d'un ordinateur du réseau I. Justifier votre réponse.

Réponse

Le message sera acheminé du réseau F vers le réseau I en passant successivement par les routeurs **H, J et K**. En effet, avec ce trajet, le coût sera égal à **5 + 1 + 2 + 5** soit **13**. Tout autre trajet aura un coût plus élevé.

Question 4.b

Recopier et compléter la table de routage du routeur F.

Réponse

Destination	Métrique
F	0
G	8
H	5
I	**13**
J	**6**
K	**8**
L	**11**

Question 4.c

Citer une unique panne qui suffirait à ce que toutes les données des échanges de tout autre réseau à destination du réseau F transitent par le routeur G. Expliquer en détail votre réponse.

Réponse

Une panne de la liaison **F-H**.

En considérant le routeur I : la liaison est directe avec F, mais pour un coût de 20. Or de I, en passant par les routeurs K, J et G, le coût sera seulement de 19. De fait les routeurs K et J privilégieront également le routeur G. Le routeur J deviendra aussi le routeur le plus économique pour les routeurs H et L.

⚠️ Une panne du **routeur H** n'est pas une réponse acceptable. D'après l'énoncé, tout réseau autre que F doit joindre ce dernier en passant par G.