



Cours	Réseaux IP 1 (T2)
Examen	Travail écrit no 4
Date	07.06.2018
Etudiant(e)	Yannick Zambon
Note	5.8

Exercice	Max.	Points
1	4.0	4.00
1a	4.0	4.00
2	8.0	6.60
2a	2.0	0.60
2b	2.0	2.00
2c	2.0	2.00
2d	2.0	2.00
3	32.0	31.20
3a	3.0	3.00
3b	2.0	2.00
3c	5.0	5.00
3d	5.0	4.50
3e	2.0	2.00
3f	2.0	2.00
3g	2.0	1.70
3h	2.0	2.00
3i	2.0	2.00
3j	3.0	3.00
3k	4.0	4.00

Exercice	Max.	Points
4	10.0	10.00
4a	1.0	1.00
4b	1.0	1.00
4c	1.0	1.00
4d	1.0	1.00
4e	1.0	1.00
4f	1.0	1.00
4g	1.0	1.00
4h	1.0	1.00
4i	1.0	1.00
4j	1.0	1.00

	<i>Bonus</i>	0.0
Total	52.00	51.80



Date : 7 juin 2018

Prénom, Nom : *Yannick Zambon*

Réseaux IP

Travail écrit no 4

Informations importantes :

- Le temps disponible est de 1h30. Vous pouvez aussi répondre en allemand ou en anglais.
- Le travail est individuel. La seule documentation autorisée est (1) le formulaire personnel (1 feuille A4, deux côtés, manuscrite) qui doit être rendu et (2) l'éventuel formulaire officiel, fournit avec le travail écrit, sans annotations
- Il est important de bien lire les questions jusqu'à la fin. La démarche est très importante. *Un résultat sans développement ou explication ne sera pas accepté. N'oubliez pas les unités!*

Question:	1	2	3	4	Total
Points:	4	8	32	10	54

Question 1 (4 points)

Décrivez et donnez les différences principales entre routage, protocole de routage et protocole routé. Citez au moins deux exemples de protocoles de routage et deux exemples de protocoles routés.

- Le routage est le principe de choisir le meilleur chemin basé sur des critères spécifiques (dépendent du protocole de routage) entre une source et une destination, en route 3. Les routeurs sont les équipements réseau spécialisés dans cette tâche. Une même route peut être "définie" par plusieurs protocoles de routage. ✓

- Un protocole de routage est un protocole qui va permettre de construire une table de routage dans les routeurs, leur permettant de connaître des réseaux distants et calculer un "prix" lié à chaque route pour que le routage soit optimal. En somme, il partage ou "forward" les informations d'un routeur vers les autres.

Exemple de protocole de routage : RIP, OSPF, BGP, IS-IS, ... ✓

- Un protocole routé est un protocole qui est redirigé et transporté sur une route entre une source et une destination. A chaque routeur, le meilleur chemin vers la destination suivante est choisi. En route 3.

Exemple de protocole routé : IPv4, IPv6. ✓

Question 2 (8 points)

Vous êtes l'ingénieur consultant pour une startup établie à Fribourg qui veut offrir des services d'accès à Internet (ISP, Internet Service Provider). Aucune infrastructure n'est actuellement en place et vous serez donc en charge de planifier la mise en place du réseau, son design, des connexions vers Internet et l'optimisation du routage. Cette startup devra mettre à disposition de ces clients des adresses IP officielles et s'assurer que celles-ci soient visibles dans Internet.

- (a) (2 points) Avant d'installer vos routeurs et vos différentes liaisons, quels sont les paramètres que vous devrez obtenir des organismes qui gère l'Internet ? Soyez précis et donnez le nom de(s) organisme(s) auxquels vous vous adresserez.

Il sera nécessaire de discuter avec les ISPs en place pour établir des points de connexion vers eux et de se connecter avec grands AS répartis à notre géographie ou à notre secteur d'activité (Switch, AS de la confédération).

Il faudra également obtenir à ~~RIPE~~ ^{RIPE} une part d'adresse publique dont on sera responsable.

il faudrait aussi :

- une plage d'adresse
- propre AS

RIPE

- (b) (2 points) Quels seront les protocoles de routage utilisés dans votre futur réseau et où seront-ils utilisés (famille, type, exemple) ?

- Pour nos liens vers Internet, à l'extérieur de notre réseau, vers les autres ISPs, on utilisera du BGP (distance-vecteur, extérieur gateway protocol)

- Pour ^{notre réseau} ~~notre réseau~~ interne à l'ISP, on utilisera le protocole de couche 2. Autrement modifiable : IS-IS (link-state, intérieur gateway protocol)

- Pour les réseaux de nos clients, on leur proposera d'utiliser de l'OSPF v2 / v3 (link-state, intérieur gateway protocol)

(c) (2 points) Afin d'optimiser le routage vers des ISPs de la même envergure de cette startup, quelles sont les possibilités qui vous sont offertes ? (soyez précis)

- Le meilleur moyen d'optimiser le routage inter-ISP est de se relier à des peering points. Ce sont des endroits ~~où~~ qui incarnent des "confloues" à ISP, indépendants de ceux qui l'utilisent. ✓

→ Possédant des réseaux multiples à haut-débit, ce sont les ISPs qui paient les dépenses liées à l'infrastructure. ✓

- L'ISP peut également avoir une interface vers une "super-ISP", qui englobe de la même manière tous les ISPs de la même envergure que la nôtre. ✓

(d) (2 points) Qu'est-ce qu'un Looking Glass dans Internet ?

Un looking glass est un outil permettant de se placer "dans" une AS et d'effectuer des requêtes de type ping, traceroute, etc. comme si l'AS était la source. ✓

On peut alors observer notamment quel AS doit traverser le paquet depuis l'AS-source jusqu'à la destination choisie. ✓

Question 3 (32 points)

Soit la Figure 1 ci-dessous représentant un réseau d'entreprise. Les adresses IP sont mentionnées sur le schéma, **M1** à **M14** représentent les adresses MAC des équipements (et aussi le nom de l'interface), **S1**, **S2** et **S3** sont des *switches* et **R1**, **R2** et **R3** sont des routeurs.

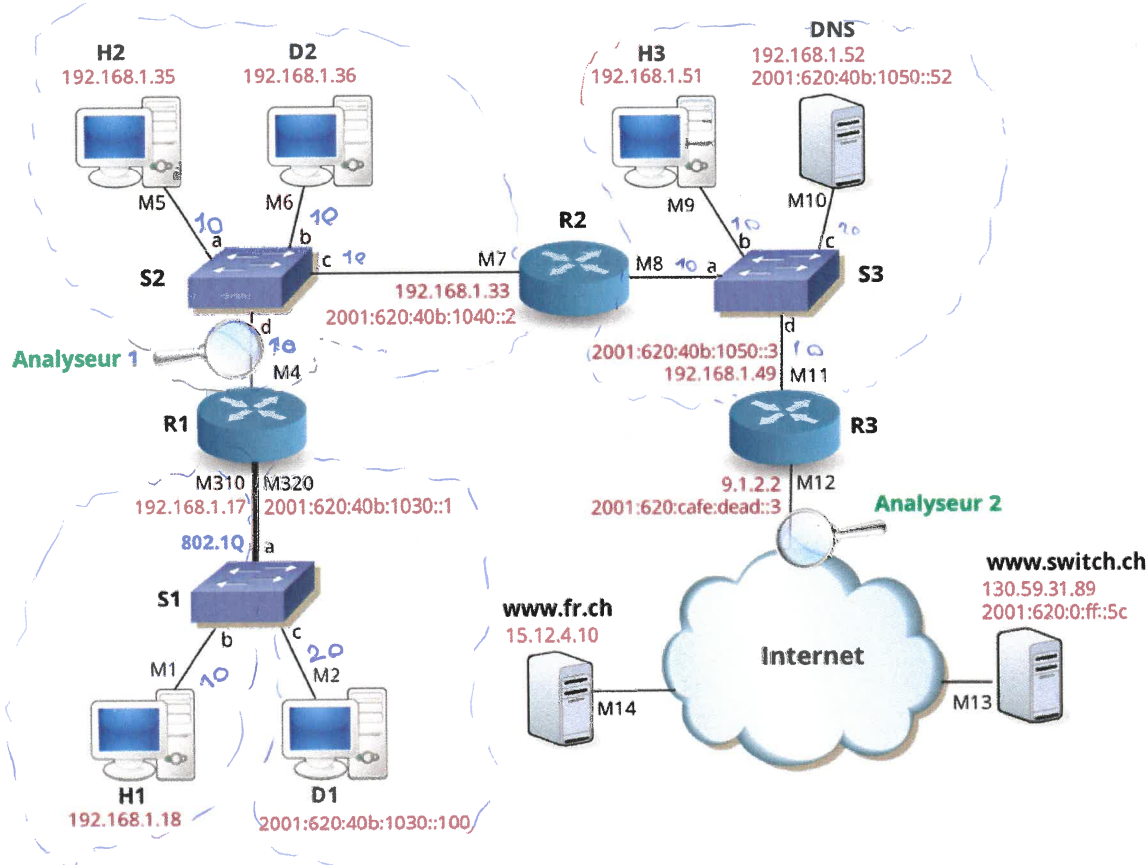


Figure 1: Schéma du réseau

Les machines H1, H2, D2 et H3 fonctionnent en IPv4 uniquement et utilisent le serveur DNS 192.168.1.52. La machine D1 fonctionne en IPv6 uniquement et utilise le serveur DNS 2001:620:40b:1050::52. Toutes les interfaces ayant une adresse IP au format 192.168.a.b sont configurées avec le préfixe /28 et celles utilisant IPv6 sont configurées avec le préfixe /64.

Les trois routeurs sont *dual-stack* IPv4 et IPv6. Ce réseau est connecté à l'Internet au travers du routeur R3.

Cette infrastructure est composée de VLANs dont l'attribution est faite statiquement par port. La table 1 donne le détail des configurations des différentes interfaces des 3 switches. Sur le routeur **R1**, M310 représente l'adresse MAC de l'interface (virtuelle ou sous-interface) assignée au VLAN 10 et M320 représente l'adresse MAC de l'interface (virtuelle ou sous-interface) assignée au VLAN 20.

Switch	a	b	c	d
S1	802.1Q	VLAN 10	VLAN 20	-
S2	VLAN 10	VLAN 10	VLAN 10	VLAN 10
S3	VLAN 10	VLAN 10	VLAN 10	VLAN 10

Table 1: Table d'attribution des VLAN's et Trunks 802.1Q

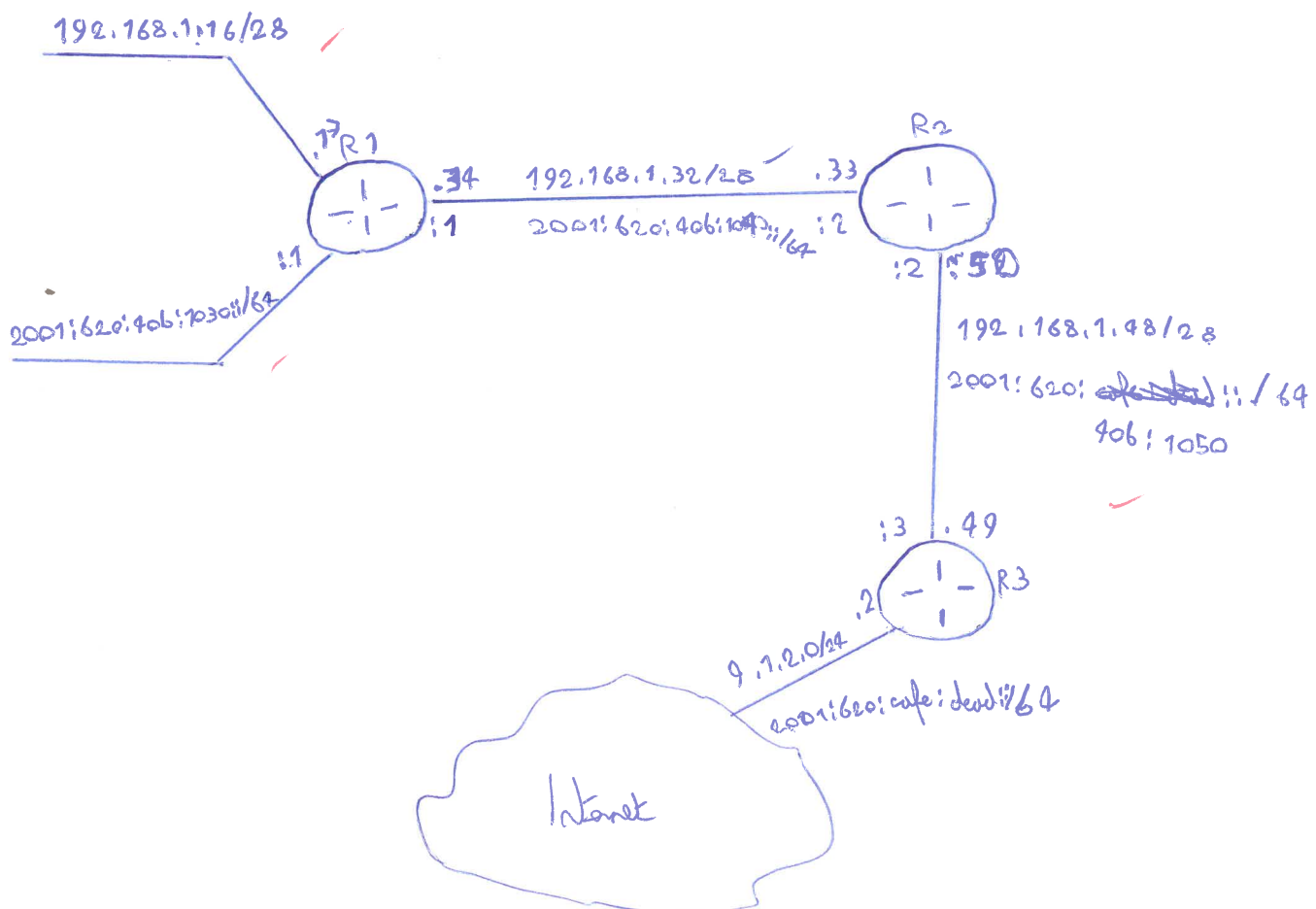
- (a) (3 points) Donnez la liste des réseaux IPv4 et IPv6 constituant cette infrastructure en précisant leur préfixe (notation /).

IPv4: 192.168.1.16/28 ✓ IPv6: 2001:620:406:1030::/64 ✓
 192.168.1.32/28 ✓ 2001:620:406:1040::/64 ✓
 192.168.1.48/28 ✓ 2001:620:406:1050::/64 ✓
 Internet: 9.1.2.0/24 (difficile de connaître le sous-réseau) 2001:620:cafe:dead::/64 ✓
 + Les divers réseaux que l'on trouve sur Internet (pas dans
 l'infrastructure de l'entreprise) ✓

- (b) (2 points) Indiquez (proposez) des adresses IPv4 et IPv6 pour les interfaces M4 de R1 et M8 de R2.

M4: 192.168.1.34 et 2001:620:406:1040::1 ✓
 M8: 192.168.1.50 et 2001:620:406:1050::2 ✓

- (c) (5 points) Dessinez la schéma logique de ce réseau.



- (d) (5 points) L'administrateur de ce réseau a activé le protocole OSPFv2 sur les trois routeurs, soit sur les interfaces M310, M4, M7, M8 et M11. Tous ces routeurs sont dans l'aire 0. Les identifiants (*Router ID* OSPF) sont 1.1.1.1 pour R1, 2.2.2.2 pour R2 et 3.3.3.3 pour R3. Tous les liens ont un coût de 10. On vous demande de remplir la LSDB (*Link State Database*) du routeur **R2**.

Area	LS Type	LS-ID	Router qui effectue l'annonce	Link ID	Link Data	Metric
0	1	1.1.1.1	1.1.1.1	192.168.1.16 192.168.1.32 ptp 2.2.2.2	mask/28 mask/28 192.168.1.34	10 10 10
0	1	3.3.3.3	3.3.3.3	192.168.1.48 ptp 2.2.2.2	mask/28 192.168.1.49	10 10
0	1	2.2.2.2	2.2.2.2	192.168.1.32 192.168.1.48 ptp 1.1.1.1 ptp 2.2.2.2	mask/28 mask/28 192.168.1.33 192.168.1.50	10 10 10 10
0	2	192.168.1.33	2.2.2.2	—	mask/28 alt-rt: 1.1.1.1 alt-rt: 2.2.2.2	—
0	2	192.168.1.50	2.2.2.2 3.3.3.3	—	mask/28 alt-rt: 2.2.2.2 alt-rt: 3.3.3.3	—

R2 DR?

- (e) (2 points) Une fois que les tables de routage des routeurs ont convergé suite à la configuration OSPFv2 ci-dessus, quel sera le contenu de la table de routage IPv4 du routeur **R2**. Complétez le tableau ci-dessous.

Routage (D)irect (I)irect	Destination	Masque	Coût	Prochain saut
D	192.168.1.32	255.255.255.240	10	192.168.1.33
D	192.168.1.48	255.255.255.240	10	192.168.1.50
I	192.168.1.16	255.255.255.240	20	192.168.1.34

OSPF pas
activé sur
les autres
interfaces.

- (f) (2 points) Que faut-il encore mettre en place (quoi et sur quel(s) équipement(s)) pour que les stations fonctionnant en **IPv4** puissent accéder à Internet ?

• R3 doit avoir du Nat 44 pour traduire les adresses privées en public et vis-versa, ✓
 • Les stations doivent avoir l'interface ~~de leur~~ du routeur de leur réseau en défaut-gateway et l'adresse 192.168.1.52 en DNS ✓
 • R1 et R2 doivent avoir une route par défaut vers R3 ✓
 • R3 aura une route par défaut sur le routeur "seigneur" de son réseau public 192.1.2.1, par exemple, si c'est un lien p2p. ✓

- (g) (2 points) Partant du principe que le réseau est opérationnel, la station **H1** aimerait se connecter sur le site web `www.swit.ch`. Pour cela, elle émet une requête DNS vers le serveur. Un analyseur de protocole est placé dans le réseau (symbolisé par la loupe) sur le lien entre R1-S2 et mesure les échanges DNS. On vous demande de compléter le tableau suivant (src=source, dst=destination, Prot.=Protocole):

Paquet	Entête MAC		Entête IP			Entête Transport	
	MAC src	MAC dst	IP src	IP dst	Prot.	Port src	Port dst
Requête DNS (H1 → DNS)	M4 ✓	M7 ✓	192.168.1.18 ✓	192.168.1.52 ✓	UDP	"random" ✓	53 ✓
Réponse DNS (DNS → H1)	M7 ✓	M4 ✓	192.168.1.52 ✓	192.168.1.18 ✓	UDP	53 ✓	même random ✓

- (h) (2 points) La station **H1** connaît maintenant l'adresse IP du site web `www.swit.ch`. Elle émet cette fois-ci une trame HTTP vers celui-ci. Un analyseur de protocole est placé dans le réseau (symbolisé par la loupe) sur le lien entre R1-S2 et mesure les échanges HTTP. On vous demande de compléter le tableau suivant.

Paquet	Entête MAC		Entête IP			Entête Transport	
	MAC src	MAC dst	IP src	IP dst	Prot.	Port src	Port dst
Requête HTTP (H1 → www)	M4 ✓	M7 ✓	192.168.1.18 ✓	130.59.31.89 ✓	TCP ✓	"random" ✓	80 ✓
Réponse HTTP (www → H1)	M7 ✓	M4 ✓	130.59.31.89 ✓	192.168.1.18 ✓	TCP ✓	80 ✓	même random ✓

- (i) (2 points) On décide, pour des raisons de redondance, d'ajouter une connexion depuis le routeur **R3** sur le switch **S1**. Quel sera le contenu de la table de routage du routeur **R2**. Complétez le tableau ci-dessous.

Routage (D)irect / (I)irect	Destination	Masque	Coût	Prochain saut
D	192.168.1.32	255.255.255.240	10	192.168.1.33
D	192.168.1.48	255.255.255.240	10	192.168.1.50
I	192.168.1.16	255.255.255.240	20	192.168.1.49
I	192.168.1.16	255.255.255.240	20	192.168.1.34

si OSPF
sur le nouveau
lien pour
R3

- (j) (3 points) Comment la station D1 peut accéder de manière transparente aux sites web www.fr.ch et www.switch.ch ? Décrivez ce qui doit être mis en place (quoi et sur quel(s) équipement(s)) pour que cela fonctionne.

- La station D1 a besoin d'une default-gateway sur R1 (ou R3 si la nouvelle lien est là) et d'un schéma P.v.6 du DNS.
- Les routeurs traversés (R1, R2, R3 ou seulement R3 pour la nouvelle lien) ont besoin d'avoir un protocole de routage supportant l'IPv6 sur leurs interfaces à l'intérieur du réseau, OSPF v3, par exemple.
- Un DNS64 doit être disponible sur le serveur DNS pour traduire www.fr.ch (et donc 15.12.4.10) en IPv6.
- R1 et R2 ont une route par défaut IPv6 vers R3, R3 a une route par défaut vers Internet.
- R3 possède un NAT64 pour transformer l'adresse IPv6 en IPv4 et vice versa.

- (k) (4 points) Sachant que tout a été mis en place pour que la station D1 puisse accéder à Internet, celle-ci se connecte en HTTP sur le site www.fr.ch. Un analyseur de protocole est placé dans le réseau (symbolisé par la loupe) sur le lien entre R1-S2 et un second analyseur de protocole est placé entre R3 et Internet. On vous demande de compléter les tableaux suivants:

Analyseur 1:

Paquet	Entête MAC		Entête IP		Prot.	Entête Transport	
	MAC src	MAC dst	IP src	IP dst		Port src	Port dst
Requête HTTP (D1 → www)	M4	M7	2001:620:406:1030::100	::FFFF:15.12.4.10	TCP	"random"	80
Réponse HTTP (www → D1)	M7	M4	::FFFF:15.12.4.10	2001:620:406:1030::100	TCP	80	même random

Analyseur 2:

Paquet	Entête MAC		Entête IP		Prot.	Entête Transport	
	MAC src	MAC dst	IP src	IP dst		Port src	Port dst
Requête HTTP (D1 → www)	M12	?	9.1.2.2	15.12.4.10	TCP	"random"	80
Réponse HTTP (www → D1)	?	M12	15.12.4.10	9.1.2.2	TCP	80	"random"

-
- ① D1 demande l'adresse AAAA de www.fr.ch au serveur DNS
 - ② le serveur DNS voit que le domaine n'a pas l'adresse AAAA et il en construit une (du type ::FFFF:15.12.4.10)
 - ③ D1 cherche à atteindre cette destination via R3
 - ④ R3 (son NAT64) reconnaît l'adresse "spéciale" et traduit la source IPv6 en une source IPv4 publique et transmet vers Internet et la destination
 - ⑤ R3 fait la traduction inverse au retour de la réponse et le paquet est routé jusqu'à D1

Question 4 (10 points)

Pour les différentes questions ci-dessous, veuillez sélectionner la bonne réponse, ou plus selon les indications.

- (a) (1 point) Lesquels des protocoles suivants sont utilisés pour le routage à l'intérieur d'un système autonome ? (4 réponses)
- ☒ A. IS-IS
 - ☒ B. OSPF
 - ☒ C. BGP
 - ☒ D. EIGRP
 - ☒ E. RIPv2
- (b) (1 point) Si il y des erreurs dans la table de routage de certains routeurs, il se peut qu'un paquet IPv4 circule en boucle à l'infini ?
- ☒ A. Vrai
 - ☐ B. Faux
- (c) (1 point) Quels sont les deux raisons de créer un design OSPF avec plusieurs aires (area) ?
- ☐ A. pour se protéger des routeurs OSPF qui ne supportent pas l'aire backbone
 - ☐ B. pour s'assurer qu'une aire puisse se connecter à Internet
 - ☒ C. pour diminuer les calculations SPF (algorithme de Dijkstra)
 - ☒ D. pour diminuer les ressources mémoire et processeur des routeurs
 - ☐ E. pour simplifier la configuration
- (d) (1 point) OSPF émet des *Link State Advertisements* (LSAs). Quel type de LSA est généré et émis par un *Area Border Router* (ABR) et qui contient l'aggrégation des subnets d'une aire ?
- ☒ A. Router link, type 1.
 - ☒ B. Router link, type 8.
 - ☒ C. Network summary link, type 3.
 - ☐ D. AS external summary link, type 4.
- (e) (1 point) Dans un réseau OSPF avec plusieurs aires, les *Link State Advertisements* (LSAs) de type 4 & 5 sont produit par quel routeur ?
- ☐ A. ABR.
 - ☒ B. ASBR.
 - ☒ C. Le backbone DR.
 - ☐ D. Chaque routeur interne
- (f) (1 point) Quels sont deux caractéristiques du protocole RIPv2 ? (2 réponses)
- ☒ A. Protocole de routage classful
 - ☒ B. Support du VLSM
 - ☒ C. Utilise des adresses de broadcast pour les échanges
 - ☐ D. Utilise le SPF pour le calcul des chemins
 - ☒ E. Utilise des adresses de multicast pour les échanges

(g) (1 point) Quelles adresses IPv6 ci-dessous sont valides ? (3 réponses)

- ☒ A. 0123:4567:89AB:CDEF:0123:4567:89AB:CDEF
- B. 0123:4567:89AB:CDEF:GHIJ:KLMN:OPQR:STUV
- ☒ C. 1000::0001
- ☒ D. ::FFFF:24.72.23.48
- E. 0110:0111:0010:1100 x

(h) (1 point) Quels types d'adresse IPv6 sont généralement utilisées par une station comme adresse unicast ? (2 réponses)

- ☒ A. locale de lien
- B. locale de réseau
- ☒ C. globale
- D. anycast
- E. générale

(i) (1 point) Dans IPv6, pour obtenir l'adresse physique d'une station dont on connaît l'adresse IPv6, un message ICMPv6 est envoyé. Lequel ?

- A. membership-query
- B. router-sollicitation
- ☒ C. neighbor-sollicitation
- D. router-advertisement
- E. membership-report

(j) (1 point) Vous voulez faire un *ping* sur l'adresse IPv6 de *loopback* de votre station. Que tapez-vous dans la console ?

- A. ping 127.0.0.1
- B. ping 0.0.0.0
- ☒ C. ping ::1
- D. ping 0.0.::1
- E. ping 127:0:0:1

Annexes - Formulaire

A TCP/IP

Adressage IPv4

		1.0.0.0 à 126.255.255.255
Classe A	0	
		128.1.0.0 à 191.255.255.255
Classe B	10	
		192.0.0.0 à 223.255.255.255
Classe C	110	

Format des paquets/segments

En-tête IPv4

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Version				IHL				Type of service/Diffserv				Total Length				
Identification												Flags		Fragment offset		
Time to live				Protocol				Header checksum								
IP source address																
IP destination address																
Options														Padding		

En-tête IPv6

Version	Traffic Class	Flow Label														
Payload Length										Next Header				Hop Limit		
IP source address																
IP destination address																

10 x 4 octets

Segment TCP



IPv6

- Header min: 40 octets • option en chaînage • identification de flux • fragmentation uniquement en source
↳ si MTU pas suffisant, ICMPv6 d'erreur.
- adresse locale + adresse globale
- unicast $\left\{ \begin{array}{l} \text{local: FE80::/10 ou FEFB::/10} \\ \text{global: 2xxx:: ou 3xxx::} \end{array} \right.$
- Anycast, • loopback "::1"
- /48 global route prefix /64 subnet prefix → le reste = id
- Auto-ill avec MAC: FFFE au "milieu" et inversion du 7^e bit.

Zombon 100000

- multicast $\left\{ \begin{array}{l} \text{Assigned (FF00::/8)} \\ \text{Solicited (FF02::1:FF00:0000/104)} \end{array} \right.$
↳ pour NDP.

DHCPv6:

- statique ① la station génère une link-local ② vérifie unique (NS → ← NA)
③ sollicite un routeur (RS) ④ annonce routeur (prefix, durée de lease, option) (RA)
⑤ la station génère une globale ⑥ vérifie unique (NS → ← NA)
- statique (UDP 546+547) → info "d'centralisé" ① → sollicite ② ← advertise
③ → request ④ ← reply

ICMPv6: Test (ICMPv4) + résolution d'adresse (ARP) + configuration auto (SLAAC) + ...
+ 150 Types: 1: unreachable, 2: MTU error, 3: time exceed ... *

Nat 64 / DNS 64

Plusieurs manières de cohabiter: dual-stack IPv4+IPv6 • Tunneling IPv6 dans IPv4
• Translation IPv6 ↔ IPv4

Nat 64 permet de traduire dans les 2 sens

DNS 64 permet de traduire des sites uniquement IPv4 en IPv6 (64: ff9b::/96 + 32 bits adresses)

Protocole	Type	Niveau	Méthode	Transport	Communication
RIP	DV	IGP	hop count	IP, UDP 520	broadcast
OSPF	LS	IGP	bandwidth	IP, id 89	multicast
BGP	DS	EGP	AS-count	IP, TCP 179	unicast
IS-IS	LS	IGP	bandwidth	Couche 2	uni+multicast
EIGRP	Hybride	IGP	un peu de route (c'est Cisco, ils sont comme ça)	IP, id 88	multicast

distance vector ≈ distance + direction

- ↳ - boucle
- lent à converger
- difficile dans grand réseau

link-state ≈ vision globale + poids

- ↳ - beaucoup de calcul

RIP

Pour éviter les boucles : Route poisoning (mettre 16), split horizon (ne renvoie pas par l'interface venue)
Hold down (ignore les rafraichissements sur un lien down)

4 phases : Update (itérations) / Invalid (Expiration time) / Hold down / flush (effacer table) ↑

OSPF

LSDB : "carte" de l'air locale

ADB : Table des voisins

FDB : Table de routage

① flooding LSA

② LSA → LSDB

③ Digestion

④ FDB ✓

Area particulière : stub area (pas de LSA externe)

• Totally stub area (pas de LSA externe et summary)

• not so stubby area : variante avec des LSA type 7.

/24 → 256

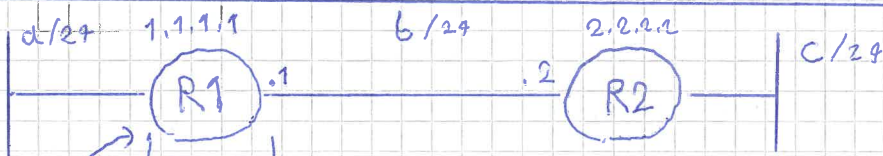
/25 → 128

/26 → 64

/27 → 32

/28 → 16

29



LSA Type	LS ID	Source	Link ID	Link Data
1	1.1.1.1	1.1.1.1	stub a	mask /24
			stub b	mask /24
			ptp 2.2.2.2	b.1
1	2.2.2.2	2.2.2.2	stub c	mask /24
			stub b	mask /24
			ptp 1.1.1.1	b.2 *
2	b.1	1.1.1.1	-	mask /24
				alt-link: 1.1.1.1
				alt-link: 2.2.2.2

Uniquement
→
DR

Traduction en humain :

* Le routeur 1.1.1.1 est connecté au réseau a de masque /24

* Le routeur 2.2.2.2 est connecté au routeur 1.1.1.1 sur son interface b.2

* Sur mon interface b.1 (réseau /24), il y a un ~~lien~~ réseau où l'on peut trouver le routeur 1.1.1.1 et 2.2.2.2

LSA Type 3 : D'un ABR "Le réseau x (LS ID) est dans une zone connectée"
→ Link-ID = - et Link-data = mask de x