

Commutateur LAN

Dr. ANOH UVCI 2017

Table des matières



I - Objectifs	3
II - Introduction	4
III - Commutateurs : notions essentielles	5
1. Construction de la table d'adresses MAC	5
2. Méthodes de Transmission de Trame sur les commutateurs	6
3. Exercice	7
IV - Protocole ARP	10
1. Principales adresses des périphériques	10
2. Exercice	14
V - Solutions des exercices	15



Objectifs

A la fin de cette leçon, vous serez capable de :

- Connaître le principe de fonctionnement d'un commutateur
- Connaître comment les périphériques déterminent les adresses MAC lorsque cela n'est pas disponibles

Introduction



Un commutateur Ethernet de couche 2 utilise des adresses MAC pour prendre des décisions de transmission. Il ignore totalement le protocole transporté dans la partie données de la trame, tel qu'un paquet IPv4. Les décisions du commutateur concernant la transmission de données reposent uniquement sur les adresses MAC Ethernet de couche 2.

Contrairement à un concentrateur Ethernet qui répète les bits sur tous les ports sauf le port entrant, un commutateur Ethernet consulte une table d'adresses MAC pour décider de la transmission de chaque trame.



Commutateurs : notions essentielles

Objectifs

A la fin de cette section, vous serez capable de

- Connaître le principe de fonctionnement d'un commutateur

1. Construction de la table d'adresses MAC

1. Acquérir les adresses MAC

Le commutateur crée la table d'adresses MAC de manière dynamique en examinant l'adresse MAC source des trames reçues sur un port. Pour transmettre les trames, le commutateur recherche une correspondance entre l'adresse MAC de destination qui figure dans la trame et une entrée de la table d'adresses MAC.

Le processus suivant se déroule sur chaque trame Ethernet entrant dans un commutateur.

2. Découverte - Examen de l'adresse MAC source

Le commutateur vérifie si de nouvelles informations sont disponibles sur chacune des trames entrantes. Pour cela, il examine l'adresse MAC source de la trame et le numéro du port par lequel la trame est entrée dans le commutateur.

Si l'adresse MAC source n'existe pas, elle est ajoutée à la table, tout comme le numéro du port d'entrée. Sur la figure 1, PC-A envoie une trame Ethernet à PC-D. Le commutateur ajoute l'adresse MAC de PC-A à la table.

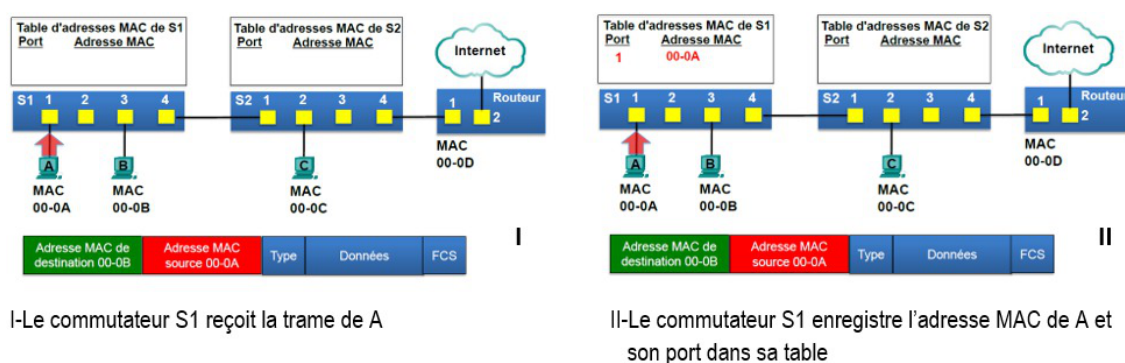


Figure 1a - Insertion adresse MAC source dans la table d'adresse

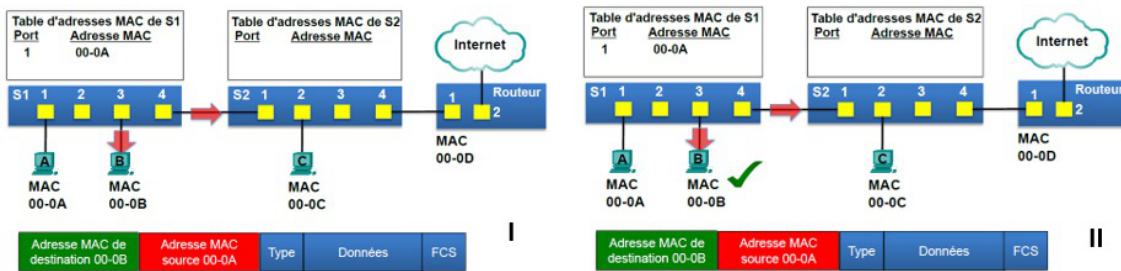
Remarque

si l'adresse MAC source existe dans la table, mais sur un autre port, le commutateur la traite comme une nouvelle entrée. L'ancienne entrée est alors remplacée par la même adresse MAC associée au numéro de port actuel

3. Transfert - Examen de l'adresse MAC de destination

Ensuite, si l'adresse MAC de destination est une adresse de monodiffusion, le commutateur recherche une correspondance entre l'adresse MAC de destination qui figure dans la trame et une entrée de sa table d'adresses MAC.

- Si l'adresse MAC de destination se trouve dans la table, le commutateur transfère la trame par le port spécifié.
- Si l'adresse MAC de destination ne se trouve pas dans la table, le commutateur transfère la trame sur tous les ports sauf celui d'entrée. C'est ce qu'on appelle la monodiffusion inconnue. Comme le montre la figure 2, la table d'adresses du commutateur ne contient pas l'adresse MAC de destination de PC-D, donc il envoie la trame sur tous les ports sauf le port 1.



I-Le commutateur S1 transfère la trame sur tous ses ports

II-Le PC B reçoit la trame car son adresse MAC correspond à l'adresse de destination

Figure 1b - Diffusion de la trame par S1

Le commutateur S2 reçoit la trame envoyée par S1 et comme la source qui a envoyé la trame n'est pas enregistrée dans sa table alors S2 ajoute à sa table l'adresse MAC de A et le port sur lequel il a reçu la trame.

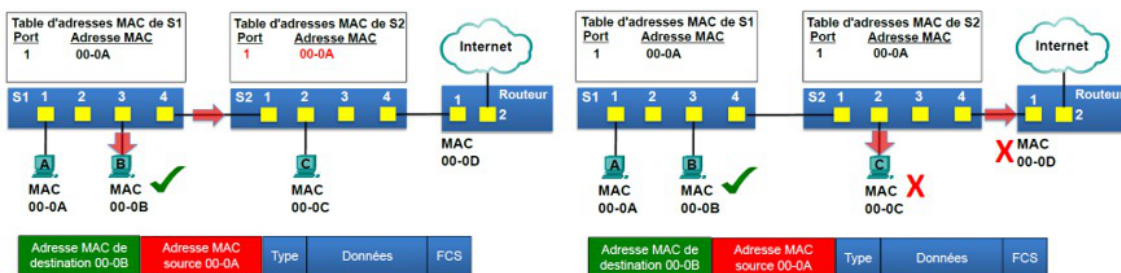


Figure 1c : S2 enregistre l'adresse MAC de A dans sa table

PC-B qui renvoie une trame à PC-A. D'abord, le commutateur acquiert l'adresse MAC de PC-B. Ensuite, comme l'adresse MAC de PC-A figure dans la table du commutateur, il envoie la trame par le port 1 uniquement au PC-A.

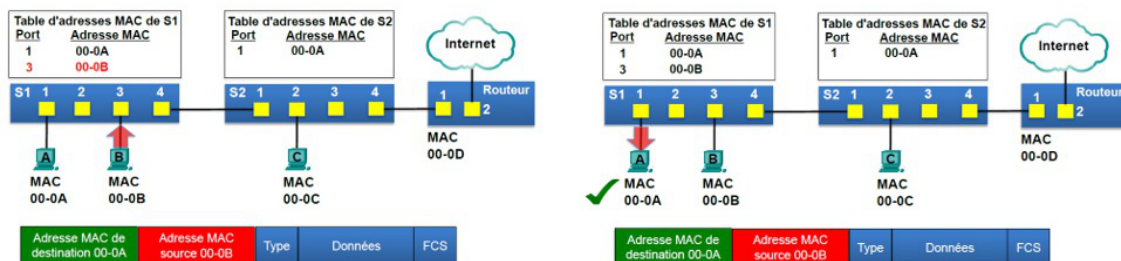


Figure 1d : réponse de PC-B

2. Méthodes de Transmission de Trame sur les commutateurs

Les commutateurs utilisent l'une des méthodes suivantes de transfert des données entre des ports

- ### 1. Commutation Store and Forward

2. Commutation cut-through

Il existe deux variantes de la commutation cut-through :

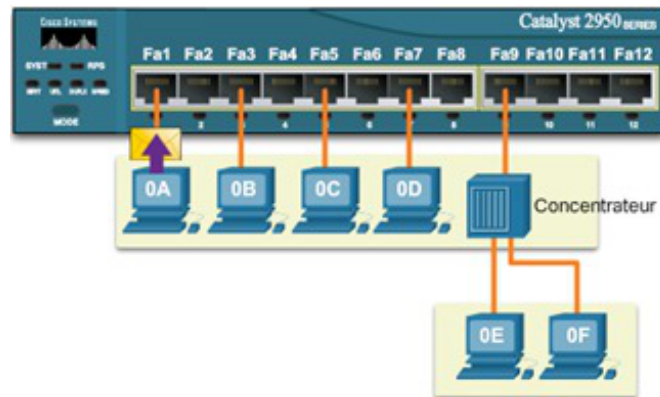
- ### 3. Mise en mémoire tampon sur les commutateurs

- la mise en mémoire tampon axée sur les ports : les trames sont stockées dans des files d'attente liées à des ports entrants et sortants spécifiques. Une trame est transmise au port sortant uniquement si toutes les trames qui la précèdent dans la file d'attente ont été correctement transmises.
- la mise en mémoire tampon partagée : toutes les trames sont stockées dans une mémoire tampon commune à tous les ports du commutateur. La capacité de mémoire tampon nécessaire à un port est allouée dynamiquement. Les trames de la mémoire tampon sont liées de manière dynamique au port de destination, ce qui permet de recevoir le paquet sur un port et de le transmettre sur un autre, sans avoir à le déplacer vers une autre file d'attente.

[Solution n°1 p 15]

Exercice : Exercice 1

Déterminez comment le commutateur transfère une trame compte tenu de l'adresse MAC source et de l'adresse MAC de destination, ainsi que des informations contenues dans sa table MAC. Répondez aux questions à l'aide des informations fournies.



Trame

Préambule	Adresse MAC de destination	Adresse MAC source	Type de longueur	Données encapsulées	Fin de trame
	0B	0A			

Table MAC

Fa1	Fa2	Fa3	Fa4	Fa5	Fa6	Fa7	Fa8	Fa9	Fa10	Fa11	Fa12
0A				0C		0D		0E			

Trame et Table MAC

1. Où le commutateur transfère-t-il la trame ?

- ☐ Fa1
- ☐ Fa2
- ☐ Fa3
- ☐ Fa4
- ☐ Fa5
- ☐ Fa6
- ☐ Fa7
- ☐ Fa8
- ☐ Fa9
- ☐ Fa10

Exercice : Exercice 2

En considérant les mêmes informations que l'exercice 1. Lors du transfert de la trame via le commutateur, quelles affirmations sont vraies ?

- ☐ Le commutateur ajoute l'adresse MAC source dans la table MAC
- ☐ La trame est une trame de diffusion ; elle est transférée à tous les ports
- ☐ La trame est une trame de monodiffusion ; elle est envoyée à un seul port désigné
- ☐ La trame est une trame de monodiffusion ; elle inonde tous les ports
- ☐ La trame est une trame de monodiffusion, mais elle est abandonnée au niveau du commutateur

Protocole ARP



Objectifs

A la fin de cette section, vous serez capable de :

- Connaître comment les périphériques déterminent les adresses MAC lorsque cela n'est pas disponibles

1. Principales adresses des périphériques

1. Adresse MAC et IP

Chaque périphérique d'un réseau LAN Ethernet possède deux adresses principales :

- L'adresse physique (adresse MAC), qui est utilisée pour les communications entre des cartes réseau d'un même réseau.
- L'adresse logique (adresse IP), qui sert à envoyer le paquet de la source d'origine à la destination finale.

Les adresses IP permettent d'identifier l'adresse de la source initiale et de la destination finale. L'adresse IP de destination peut se trouver sur le même réseau IP que la source ou sur un réseau distant.

Remarque

Comme les adresses MAC Ethernet, les adresses physiques ou de couche 2 ont une autre finalité. Elles servent à acheminer la trame liaison de données contenant le paquet IP encapsulé d'une carte réseau à une autre sur le même réseau. Si l'adresse IP de destination appartient au même réseau, l'adresse MAC de destination est celle du périphérique de destination.

1.1. Destination sur le même réseau

La figure montre les adresses MAC Ethernet et l'adresse IP permettant à PC-A d'envoyer un paquet IP au serveur de fichiers sur le même réseau.

La trame Ethernet de couche 2 contient :

- L'adresse MAC de destination, c'est-à-dire l'adresse MAC de la carte réseau Ethernet du serveur de fichiers.
- L'adresse MAC source, c'est-à-dire l'adresse MAC de la carte réseau Ethernet de PC-A.

Le paquet IP de couche 3 contient :

- L'adresse IP source, c'est-à-dire l'adresse IP de la source d'origine, PC-A.
- L'adresse IP de destination, c'est-à-dire l'adresse IP de la destination finale : le serveur de fichiers.

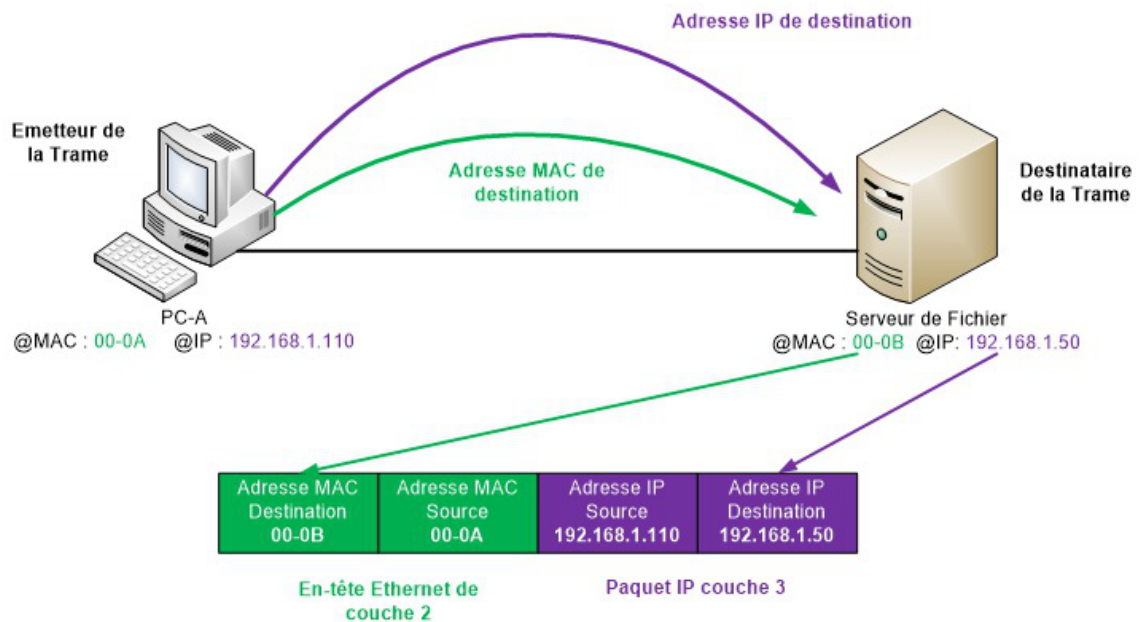


Figure 2 : Adresse source et destination

1.2. Destination sur un réseau distant

Lorsque l'adresse IP de destination appartient à un réseau distant, l'adresse MAC de destination est celle de la passerelle par défaut de l'hôte, c'est-à-dire la carte réseau du routeur, comme le montre la figure.

La figure présente les adresses MAC Ethernet et les adresses IP permettant à PC-A d'envoyer un paquet IP à un serveur Web sur un réseau distant.

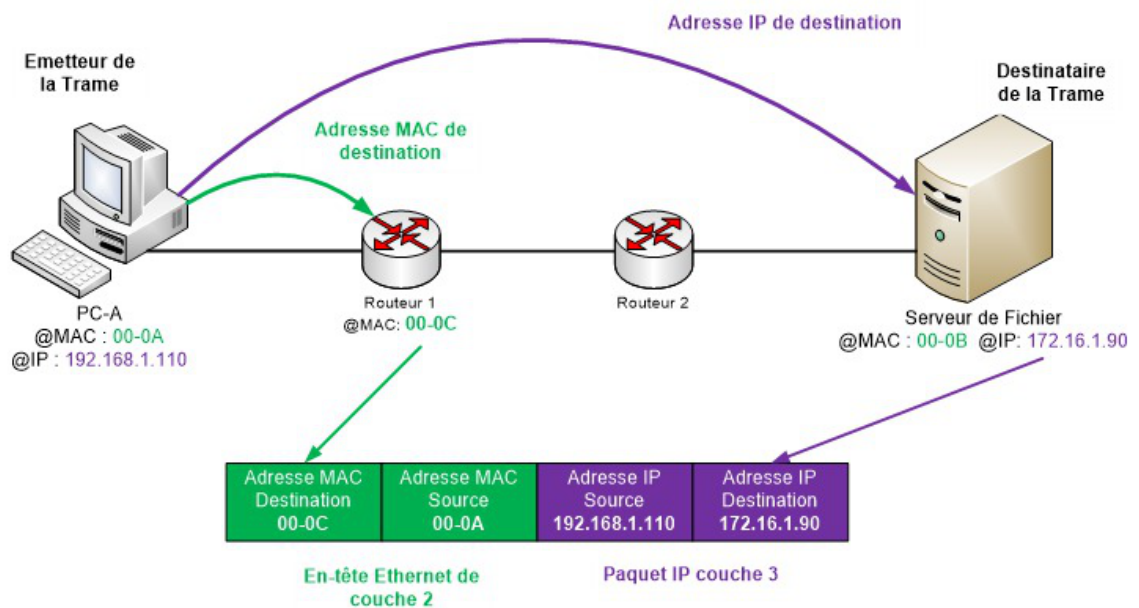


Figure 3 : source et destination sur réseau différent

Comment les adresses IPv4 des paquets IP d'un flux de données sont-elles associées aux adresses MAC de chaque liaison le long du chemin vers la destination ? Cette opération est effectuée selon un processus appelé protocole ARP.

2. Présentation du protocole ARP

Souvenez-vous que tout périphérique possédant une adresse IP sur un réseau Ethernet possède également une adresse MAC Ethernet. Lorsqu'un périphérique envoie une trame Ethernet, celle-ci contient deux adresses :

- L'adresse MAC de destination, c'est-à-dire l'adresse MAC de la carte réseau Ethernet qui correspond soit à l'adresse MAC du périphérique de destination finale soit à celle du routeur.
- L'adresse MAC source, c'est-à-dire l'adresse MAC de la carte réseau de l'expéditeur.

Pour déterminer l'adresse MAC de destination, le périphérique utilise le protocole ARP. Le protocole ARP assure deux fonctions principales :

- La résolution des adresses IPv4 en adresses MAC ;
- La tenue d'une table des mappages.

3. Fonctions du protocole ARP

3.1. Résolution des adresses IPv4 en adresses MAC

Quand un paquet est envoyé à la couche liaison de données pour être encapsulé dans une trame Ethernet, le périphérique consulte une table stockée dans sa mémoire pour connaître l'adresse MAC qui est mappée à l'adresse IPv4. Cette table est appelée table ARP ou cache ARP. Le tableau ARP est stocké dans la mémoire vive (RAM) du périphérique.

Le périphérique expéditeur recherche dans sa table ARP une adresse IPv4 de destination et une adresse MAC correspondante.

- Si l'adresse IPv4 de destination du paquet appartient au même réseau que l'adresse IPv4 source, le périphérique recherche l'adresse IPv4 de destination dans sa table ARP.
- Si l'adresse IPv4 de destination du paquet appartient à un autre réseau que l'adresse IPv4 source, le périphérique recherche l'adresse IPv4 de la passerelle par défaut dans sa table ARP.

Dans les deux cas, il recherche une adresse IPv4 et l'adresse MAC correspondante du périphérique.

Chaque entrée, ou ligne, de la table ARP relie une adresse IPv4 à une adresse MAC. La relation entre les deux valeurs s'appelle un mappage.

Si le périphérique localise l'adresse IPv4, l'adresse MAC correspondante est utilisée comme adresse MAC de destination dans la trame. Si l'entrée n'existe pas, le périphérique envoie une requête ARP.

3.2. Requête ARP

Une requête ARP est envoyée lorsqu'un périphérique a besoin d'une adresse MAC associée à une adresse IPv4 qui ne figure pas dans sa table ARP.

Les messages ARP sont encapsulés directement dans une trame Ethernet. Il n'existe pas d'en-tête IPv4. Le message de la requête ARP contient les éléments suivants :

- L'adresse IPv4 cible, c'est-à-dire l'adresse IPv4 dont l'adresse MAC correspondante est requise.
- L'adresse MAC cible, qui n'est pas connue et n'est donc pas renseignée dans le message de la requête ARP.

La requête ARP est encapsulée dans une trame Ethernet à l'aide des informations d'en-tête suivantes :

- L'adresse MAC de destination - il s'agit d'une adresse de diffusion qui nécessite que toutes les cartes réseau Ethernet sur le LAN acceptent et traitent la requête ARP.
- L'adresse MAC source, qui correspond à l'adresse MAC de l'expéditeur de la requête ARP.
- Le type - les messages ARP ont un champ type de 0x806. Ce type informe la carte réseau réceptrice que la partie données de la trame doit être transmise au processus ARP.

3.3. Réponse ARP

Seul le périphérique dont l'adresse IPv4 correspond à l'adresse IPv4 cible de la requête ARP envoie une réponse ARP. Le message de réponse ARP contient les éléments suivants :

- L'adresse IPv4 de l'expéditeur, c'est-à-dire celle du périphérique dont l'adresse MAC est requise.
- L'adresse MAC de l'expéditeur, c'est-à-dire celle requise par l'expéditeur de la requête ARP.

La réponse ARP est encapsulée dans une trame Ethernet à l'aide des informations d'en-tête suivantes :

- L'adresse MAC de destination, c'est-à-dire l'adresse MAC de l'expéditeur de la requête ARP.
- L'adresse MAC source, c'est-à-dire l'adresse MAC de l'expéditeur de la réponse ARP.
- le type - les messages ARP ont un champ type de 0x806. Ce type informe la carte réseau réceptrice que la partie données de la trame doit être transmise au processus ARP.

2. Exercice

[Solution n°2 p 15]

Exercice : 1

Dans le cadre d'une transmission de données d'un PC1 à un PC2 dans un même réseau local, quelles sont les adresses utilisées pour la transmission

- ☐ L'adresse MAC source
- ☐ L'adresse IP source
- ☐ L'adresse MAC de destination
- ☐ L'adresse IP de destination

Exercice : 2

Dans le cadre d'une transmission de données d'un PC1 à un PC2 appartenant à des réseaux locaux distants, quelles sont les adresses utilisées pour la transmission

- ☐ L'adresse MAC source
- ☐ L'adresse IP source
- ☐ L'adresse MAC de destination
- ☐ L'adresse MAC de la passerelle
- ☐ L'adresse IP de la passerelle
- ☐ L'adresse IP de destination

Exercice : 3

L'adresse MAC de destination d'une requête ARP est une adresse de

- ☐ Multidiffusion
- ☐ Mono-diffusion
- ☐ Diffusion

Exercice : 4

Les fonctions principales du protocole ARP sont :

- ☐ La résolution des adresses IPv4 en adresses MAC
- ☐ La tenue d'une table des mappages
- ☐ La résolution des adresses MAC en adresses IPv4

* *
*

Cette section nous a permis de présenter comment les commutateurs arrivent à acheminer les informations sur un réseau local. En plus de cela, nous avons présenté le principe de fonctionnement du protocole ARP dont la fonction essentielle est de permettre aux périphériques de trouver les adresses MAC correspondants à des adresses IP.

Solutions des exercices

> Solution n°1

Exercice p. 7

Exercice 1

- ☐ Fa1
- ☐ Fa2
- ☒ Fa3
- ☐ Fa4
- ☒ Fa5
- ☐ Fa6
- ☒ Fa7
- ☐ Fa8
- ☒ Fa9
- ☐ Fa10

Exercice 2

- ☐ Le commutateur ajoute l'adresse MAC source dans la table MAC
- ☐ La trame est une trame de diffusion ; elle est transférée à tous les ports
- ☐ La trame est une trame de monodiffusion ; elle est envoyée à un seul port désigné
- ☒ La trame est une trame de monodiffusion ; elle inonde tous les ports
- ☐ La trame est une trame de monodiffusion, mais elle est abandonnée au niveau du commutateur

> Solution n°2

Exercice p. 14

1

- ☒ L'adresse MAC source
- ☒ L'adresse IP source
- ☒ L'adresse MAC de destination
- ☒ L'adresse IP de destination

2

- ☒ L'adresse MAC source
- ☒ L'adresse IP source
- ☐ L'adresse MAC de destination
- ☒ L'adresse MAC de la passerelle
- ☐ L'adresse IP de la passerelle
- ☒ L'adresse IP de destination

3

- ☐ Multidiffusion
- ☐ Mono-diffusion
- ☒ Diffusion

4

- ☒ La résolution des adresses IPv4 en adresses MAC
- ☒ La tenue d'une table des mappages
- ☐ La résolution des adresses MAC en adresses IPv4