ANNÉE PASSERELLE EN INGÉNIERIE

Chapitre 9 — Routage

Introduction à la Téléinformatique

Vincent Audergon · HEIA-FR

Année académique 2026-2027

Plan du chapitre

01 Qu’est-ce que le routage ?
02 La table de routage
03 Envoi d’un paquet, étape par étape
04 Construire une table de routage statique

Objectifs du chapitre

HEIA-FR
HTA-FR

À l'issue de ce chapitre, vous saurez :

- **définir** le routage et son rôle dans la communication entre périphériques ;
- **expliquer** le rôle des routeurs entre différents réseaux ;
- **décrire** le routage statique et le routage dynamique ;
- **expliquer** le rôle des protocoles RIP et OSPF ;
- **lire** et **remplir** des tables de routage.

SECTION

01 —

Qu’est-ce que le routage ?

01 **Qu’est-ce que le routage ?**
02 La table de routage
03 Envoi d’un paquet, étape par étape
04 Construire une table de routage statique

Qu'est-ce que le routage ?



Déterminer le meilleur chemin

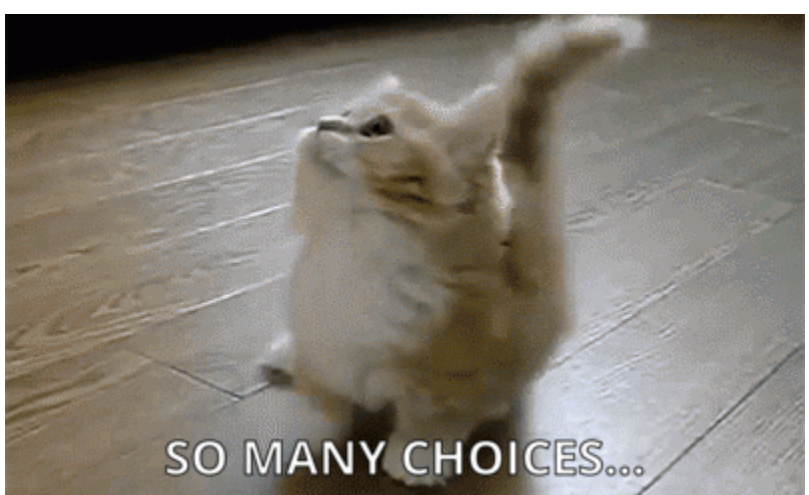
DÉFINITION · ROUTAGE

Processus qui consiste à déterminer le **meilleur chemin** pour faire transiter un paquet d'un réseau A vers un réseau B. Il est géré par les **routeurs**, à la couche réseau (L3).

- La décision est prise **localement**, saut par saut (*hop by hop*), par chaque routeur le long du chemin.
- Le **plan de contrôle** (control plane) désigne la logique de décision (protocoles de routage, tables de routage)
- Le **plan de données** (data plane) désigne le traitement effectif des paquets, selon les décisions prises par le plan de contrôle.

Meilleur chemin ? Pas toujours évident

- « Meilleur chemin » dépend de **métriques** : nombre de sauts, bande passante, latence, fiabilité…
- Chaque protocole de routage définit sa propre métrique en fonction de ses objectifs.



Statique ou dynamique ?

HEIA-FR
HTA-FR

Routage statique

- Routes configurées **manuellement** par l'administrateur.
- Simple, prévisible, mais ne s'adapte pas aux pannes.

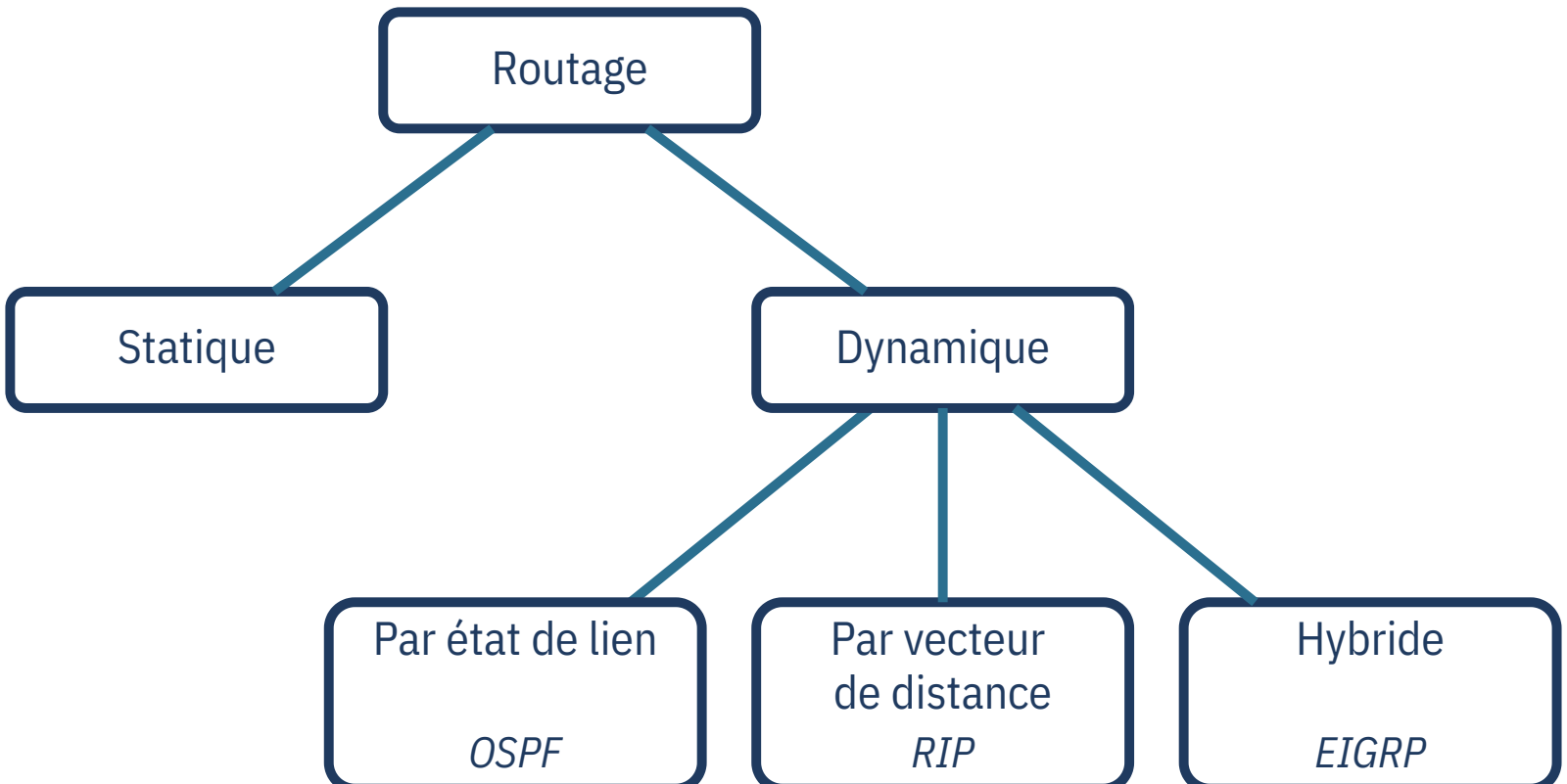
Routage dynamique

- Les routeurs échangent des informations via un **protocole de routage**.
- S'adapte automatiquement aux changements de topologie.

REMARQUE

Deux familles de protocoles dynamiques : à **vecteur de distance** (ex. RIP : chaque routeur ne connaît que son voisinage) et à **état de lien** (ex. OSPF : chaque routeur construit une carte complète du réseau dans son plan de contrôle).

Les familles de routage



? QUESTION 1

Quelle est la différence fondamentale entre un protocole à **vecteur de distance** (RIP) et un protocole à **état de lien** (OSPF), en termes de connaissance du réseau ?

RÉPONSE

Avec un protocole à **vecteur de distance**, chaque routeur ne connaît que son voisinage direct. Avec un protocole à **état de lien**, chaque routeur construit une carte **complète** de la topologie du réseau.

SECTION
02 —

La table de routage

01 Qu’est-ce que le routage ?
02 **La table de routage**
03 Envoi d’un paquet, étape par étape
04 Construire une table de routage statique

Une structure de données par routeur

DÉFINITION · TABLE DE ROUTAGE

Structure utilisée par un routeur pour stocker les routes disponibles : réseau de destination, interface de sortie, passerelle (*gateway*) et métrique associée.

- La passerelle désigne le **prochain saut** vers la destination.
- Construite **manuellement** (routage statique) ou **automatiquement** (routage

dynamique).

Exemple de table de routage

Dest.	Masque	Passerelle	Inter.	Métrique	Protocole
192.168.1.0	/24	—	eth0	0	Connecté
10.0.0.0	/30	—	eth1	0	Connecté
192.168.2.0	/24	10.0.0.2	eth1	1	RIP
172.16.0.0	/16	10.0.0.2	eth1	20	OSPF
0.0.0.0	/0	10.0.0.2	eth1	—	Statique

La route par défaut

EXEMPLE · DERNIER RECOURS

La **route par défaut** (`0.0.0.0/0`) est utilisée quand aucune autre route ne correspond à la destination. Sans elle, le routeur **rejette** le paquet (et peut renvoyer un ICMP « Destination Unreachable »).

ASTUCE

Longest prefix match : si plusieurs routes correspondent à une même destination, le routeur choisit la route **la plus spécifique** — celle dont le masque est le plus long.

? QUESTION 2

Une table contient les routes `192.168.1.0/24` et `0.0.0.0/0`. Un paquet est destiné à `192.168.1.42`. Quelle route le routeur choisit-il ?

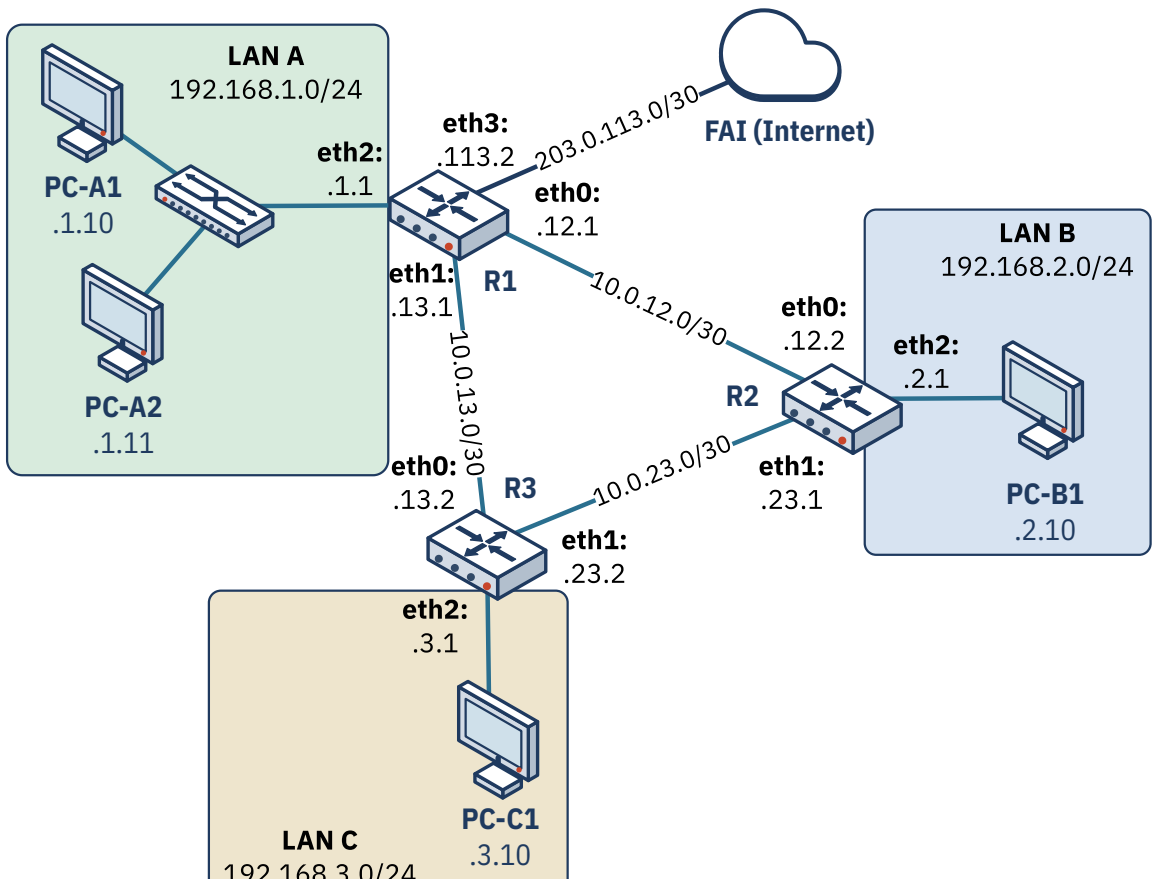
> **RÉPONSE**
> `192.168.1.0/24`, c'est la route la plus **spécifique** (masque le plus long), donc elle l'emporte sur la route par défaut.

SECTION
03 —

Envoi d’un paquet, étape par étape

01 Qu’est-ce que le routage ?
02 La table de routage
03 **Envoi d’un paquet, étape par étape**
04 Construire une table de routage statique

Soit le réseau ci-dessous



La table de routage de R1

Destination	Gateway	Interface	Protocole	Métrique
192.168.1.0/24	—	eth2	Connecté	0
10.0.12.0/30	—	eth0	Connecté	0
10.0.13.0/30	—	eth1	Connecté	0
203.0.113.0/30	—	eth3	Connecté	0
192.168.2.0/24	10.0.12.2 (R2)	eth0	RIP	1
192.168.3.0/24	10.0.13.2 (R3)	eth1	RIP	1
10.0.23.0/30	10.0.12.2 (R2)	eth0	RIP	1
0.0.0.0/0	203.0.113.1 (FAI)	eth3	Statique	—

La table de routage de R2

Destination	Gateway	Interface	Protocole	Métrique
192.168.2.0/24	—	eth2	Connecté	0
10.0.12.0/30	—	eth0	Connecté	0
10.0.23.0/30	—	eth1	Connecté	0
192.168.1.0/24	10.0.12.1 (R1)	eth0	RIP	1
192.168.3.0/24	10.0.23.2 (R3)	eth1	RIP	1
10.0.13.0/30	10.0.12.1 (R1)	eth0	RIP	1
0.0.0.0/0	10.0.12.1 (R1)	eth0	Statique	—

La table de routage de R3

Destination	Gateway	Interface	Protocole	Métrique
192.168.3.0/24	—	eth2	Connecté	0
10.0.13.0/30	—	eth0	Connecté	0
10.0.23.0/30	—	eth1	Connecté	0
192.168.1.0/24	10.0.13.1 (R1)	eth0	RIP	1
192.168.2.0/24	10.0.23.1 (R2)	eth1	RIP	1
10.0.12.0/30	10.0.13.1 (R1)	eth0	RIP	1
0.0.0.0/0	10.0.23.1 (R2)	eth1	Statique	—

Sur le réseau local : pas de routage

Si `PC-A1` envoie un paquet à `PC-A2` (même LAN) :

- `PC-A1` voit, grâce à son **masque**, que la destination est sur le **même réseau**.
- Il obtient l'adresse MAC de `PC-A2` par **ARP** (si besoin) et envoie la trame directement.

> **REMARQUE**
> Le paquet n'est jamais modifié en chemin.

Vers un réseau distant

Si `PC-A1` envoie un paquet à `PC-B1` (réseau différent) :

- `PC-A1` détecte que la destination est sur un **autre réseau** → il envoie la trame à sa **passerelle par défaut** (R1), via ARP.
- R1 consulte sa table de routage, ré-encapsule le paquet dans une **nouvelle** trame vers R2.
- R2 fait de même vers B1, qui est directement connecté.

ATTENTION
La trame Ethernet est réécrite à chaque saut, mais les adresses **IP** source et destination, elles, **ne changent jamais**. L2 change, L3 reste identique.

Vers l'extérieur (Internet)

Si un PC interne envoie un paquet à un hôte distant (ex. `1.2.3.4`) :

- Les routeurs internes **ne connaissent pas** le chemin exact vers cette adresse.
- Ils utilisent leur **route par défaut** pour transmettre le paquet de proche en proche, jusqu'au routeur du FAI.
- Le FAI prend ensuite le relais et route le paquet sur Internet.

? QUESTION 3

Le long du chemin entre `PC-A1` et `PC-B1`, qu'est-ce qui change à chaque saut, et qu'est-ce qui reste identique ?

> **RÉPONSE**
> Les adresses **MAC** (source et destination) sont réécrites à **chaque saut**. Les adresses **IP** source et destination restent **identiques** du début à la fin du trajet.

SECTION
04

Construire une table de routage statique

01 Qu’est-ce que le routage ?
02 La table de routage
03 Envoi d’un paquet, étape par étape
04 **Construire une table de routage statique**

Méthode

1. Les réseaux **directement connectés** sont automatiquement ajoutés à la table.
2. Pour chaque réseau **non** directement connecté, indiquer la **passerelle** : le prochain saut **directement joignable**.
3. Ajouter une **route par défaut** vers le FAI (ou le voisin le plus proche de la sortie).

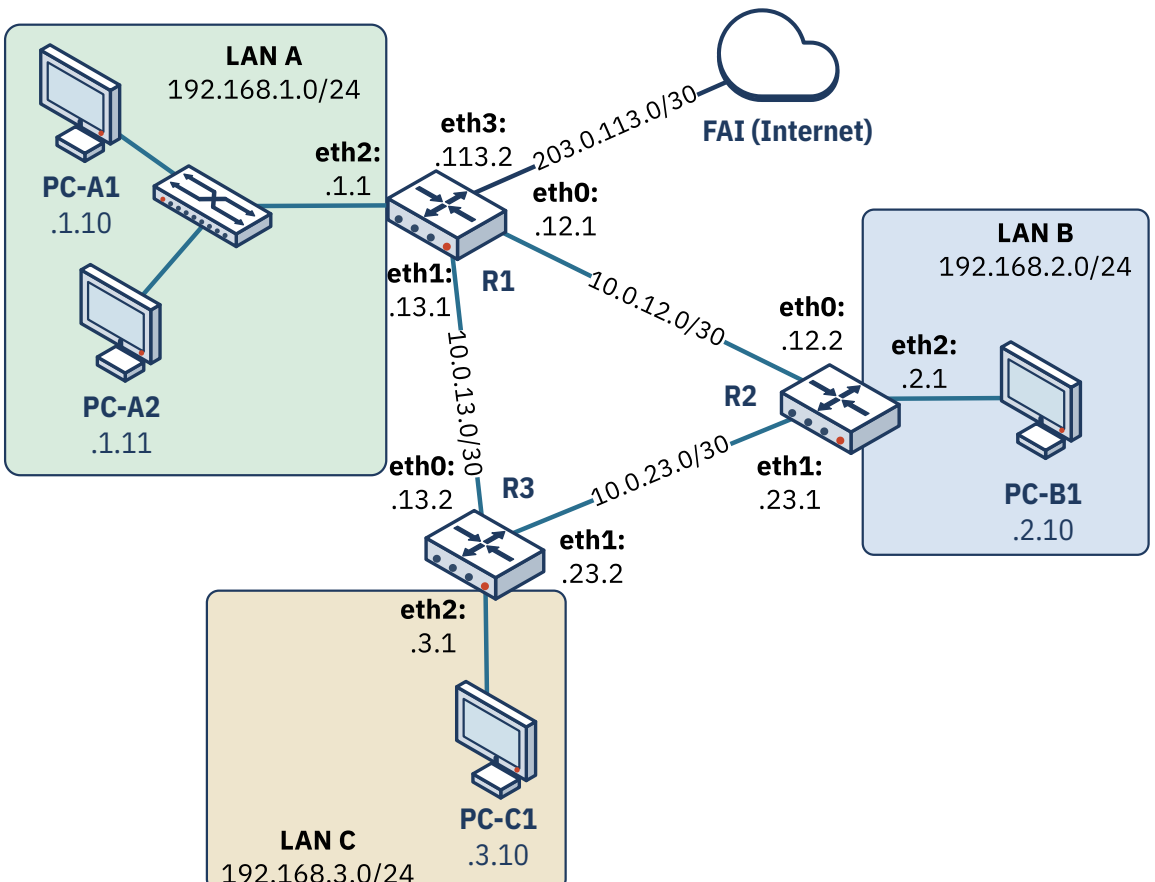
Routage : points clés

- La passerelle d'une route doit toujours être **directement joignable** (sur le même réseau).
- La route par défaut est utilisée quand aucune autre route ne correspond.
- En routage manuel, chaque route doit être pensée et configurée par l'administrateur.
- Les routes par défaut ne doivent pas créer de **boucles** : elles doivent pointer vers un voisin qui connaît le chemin vers l'extérieur.

Exemple : table de R1

Destination	Gateway	Interface	Protocole	Métrique
192.168.1.0/24	—	eth2	Connecté	0
10.0.12.0/30	—	eth0	Connecté	0
10.0.13.0/30	—	eth1	Connecté	0
203.0.113.0/30	—	eth3	Connecté	0
192.168.2.0/24	10.0.12.2 (R2)	eth0	RIP	1
192.168.3.0/24	10.0.13.2 (R3)	eth1	RIP	1
0.0.0.0/0	203.0.113.1 (FAI)	eth3	Statique	—

Rappel : schéma du réseau



Synthèse

CE QU'IL FAUT RETENIR

- Le routage détermine le **meilleur chemin** d'un paquet, saut par saut, à la couche **L3**.
- Routage **statique** (manuel) vs **dynamique** (RIP : vecteur de distance, OSPF : état de lien).
- La table de routage combine réseaux **connectés**, routes **apprises** et une **route par défaut**.
- Le **longest prefix match** choisit la route la plus spécifique.
- Les adresses **IP** ne changent jamais en chemin ; les adresses **MAC** sont réécrites à **chaque saut**.

Des questions ?

Sources

Les sources utilisées pour ce cours (normes, documentation officielle, articles, ouvrages de référence) sont citées et listées intégralement dans la **bibliographie du support de cours écrit**, disponible sur le site du cours :

https://api-teleinfo.isc.heia-fr.ch

