

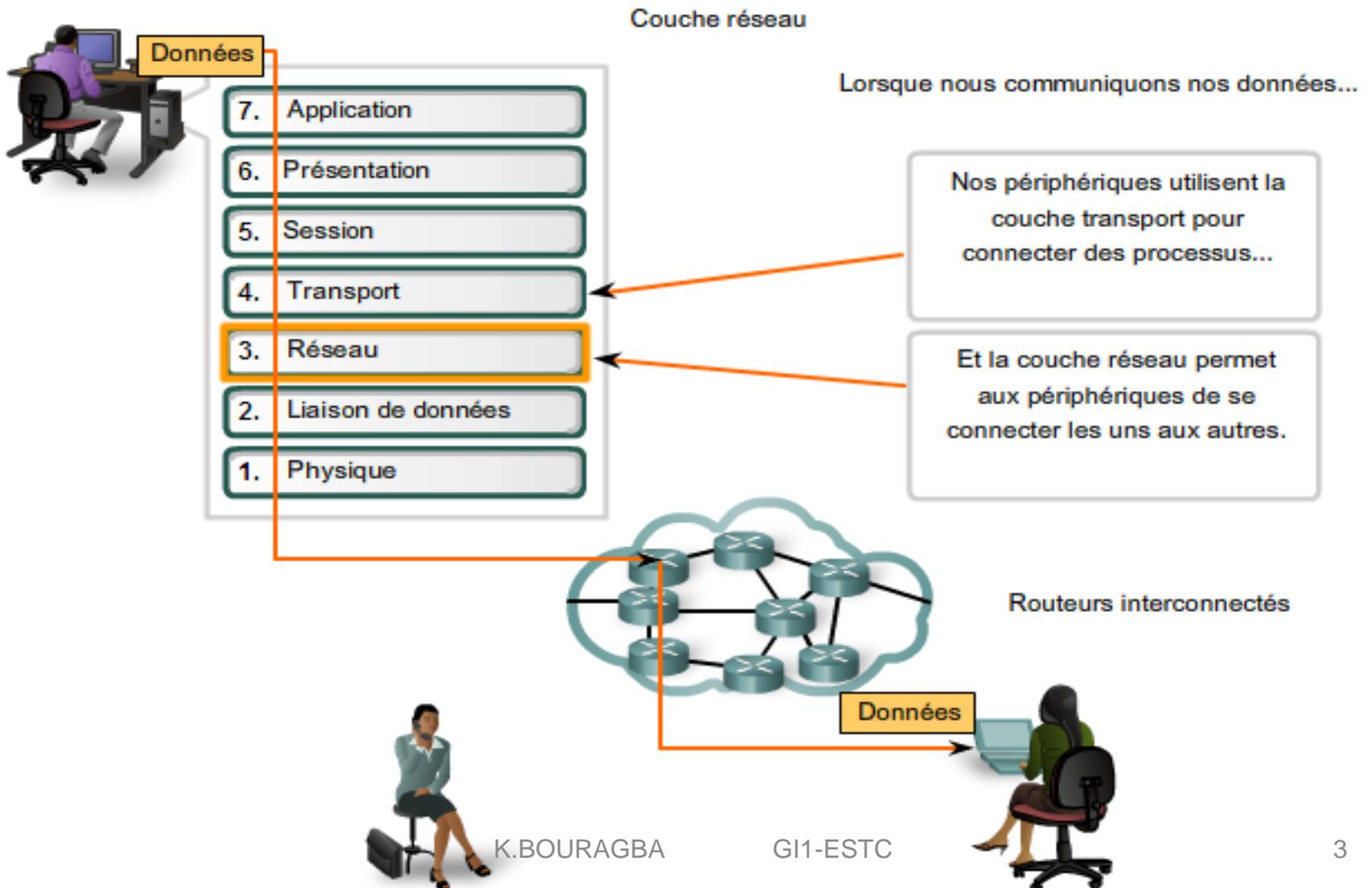
Initiation aux réseaux

Partie 4 :Couche réseau

Introduction du chapitre

- Les protocoles de la couche réseau du modèle OSI définissent l'adressage et les processus qui permettent la préparation et le transport des données de la couche transport.
- L'encapsulation de la couche réseau permet de transmettre son contenu à la destination, au sein d'un réseau ou sur un autre, avec une surcharge minimale.
- Ce chapitre souligne le rôle de la couche réseau, en examinant la manière dont elle divise des réseaux en groupes d'hôtes pour gérer le flux des paquets de données au sein d'un réseau.
- Nous verrons également comment la communication entre réseaux est facilitée. Cette communication entre réseaux est appelée routage.

La couche réseau

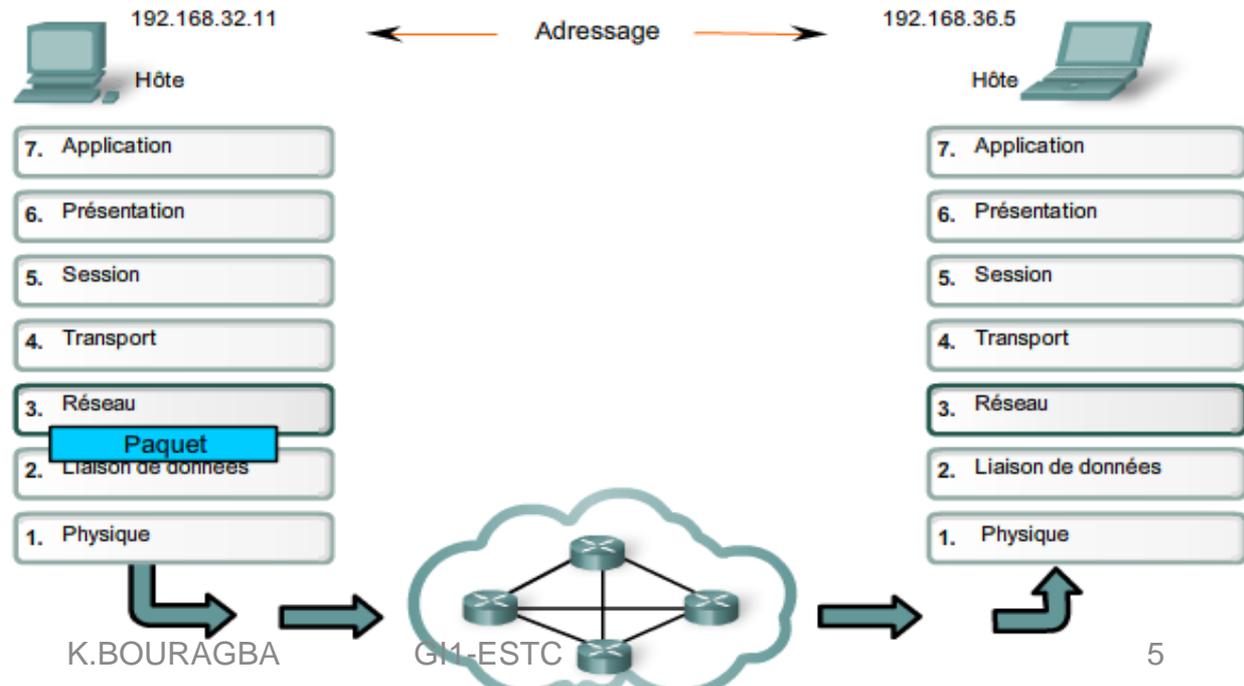


Objectifs du chapitre

- déterminer le rôle de la couche réseau dans la description de la communication entre deux périphériques finaux ;
- examiner le protocole de couche réseau le plus courant, IP (Internet Protocol), et ses caractéristiques pour fournir un service d'acheminement « au mieux », sans connexion ;
- comprendre les principes utilisés pour guider la division, ou le groupement, des périphériques dans les réseaux ;
- comprendre l'adressage hiérarchique des périphériques et comment ceci permet la communication entre réseaux ;
- comprendre les notions de base relatives aux routes, aux adresses de tronçon suivant et au transfert de paquets vers un réseau de destination.

Services de la couche réseau

- La couche réseau, ou couche 3 OSI, fournit des services pour l'échange des éléments de données individuels sur le réseau entre des périphériques finaux identifiés.
- Pour effectuer ce transport de bout en bout, la couche 3 utilise quatre processus de base :
 - l'adressage ;
 - l'encapsulation ;
 - le routage ;
 - le décapsulage.



Adressage

- La couche réseau doit d'abord fournir un mécanisme pour l'adressage de ces périphériques finaux.
- Si des éléments de données individuels doivent être acheminés vers un périphérique final, ce dernier doit posséder une adresse unique.
- Dans un réseau IPv4, lorsque cette adresse est ajoutée à un périphérique, celui-ci est alors désigné comme hôte.

Encapsulation

- La couche réseau doit également fournir une encapsulation.
- Non seulement les périphériques doivent être identifiés par une adresse, mais les éléments individuels (unités de données de protocole de couche réseau) doivent également contenir ces adresses.
- Durant le processus d'encapsulation, la couche 3 reçoit l'unité de données de protocole de la couche 4 et ajoute un en-tête de couche 3, ou étiquette, pour créer l'unité de données de protocole de couche 3.
- Dans un contexte de couche réseau, cette unité de données de protocole est appelée paquet.
- Lors de la création d'un paquet, l'en-tête doit contenir, entre autres, l'adresse de l'hôte auquel il est envoyé.
- Cette adresse est appelée adresse de destination. L'en-tête de la couche 3 comporte également l'adresse de l'hôte émetteur. Cette adresse est appelée adresse source.

Routage

- La couche réseau doit ensuite fournir des services pour diriger ces paquets vers leur hôte de destination.
- Les hôtes source et de destination ne sont pas toujours connectés au même réseau.
- En fait, le paquet peut avoir de nombreux réseaux à traverser. En route, chaque paquet doit être guidé sur le réseau afin d'atteindre sa destination finale.
- Les périphériques intermédiaires connectant les réseaux sont appelés routeurs. Leur rôle consiste à sélectionner les chemins afin de diriger les paquets vers leur destination. Ce processus est appelé routage.
- Durant le routage via un inter réseau, le paquet peut traverser de nombreux périphériques intermédiaires.
- Chaque route empruntée par un paquet pour atteindre le périphérique suivant est appelée saut.
- Lors de l'acheminement du paquet, son contenu (unité de données de protocole de la couche transport) reste intact jusqu'à ce qu'il atteigne l'hôte de destination.

Décapsulage

- Enfin, le paquet arrive sur l'hôte de destination et est traité par la couche 3. L'hôte examine l'adresse de destination pour vérifier que le paquet était bien adressé à ce périphérique.
- Si l'adresse est correcte, le paquet est décapsulé par la couche réseau, et l'unité de données de protocole de la couche 4 contenue dans le paquet est transmise au service approprié de la couche transport.
- Contrairement à la couche transport (couche 4 OSI), qui gère le transport des données entre les processus s'exécutant sur chaque hôte final, les protocoles de couche réseau spécifient la structure et le traitement des paquets utilisés pour transporter les données d'un hôte à un autre.
- Un fonctionnement indépendant des données d'application transportées dans chaque paquet permet à la couche réseau d'acheminer des paquets pour plusieurs types de communications entre des hôtes multiples.

Protocoles de la couche réseau

- Les protocoles mis en œuvre dans la couche réseau qui transportent des données utilisateur comprennent :

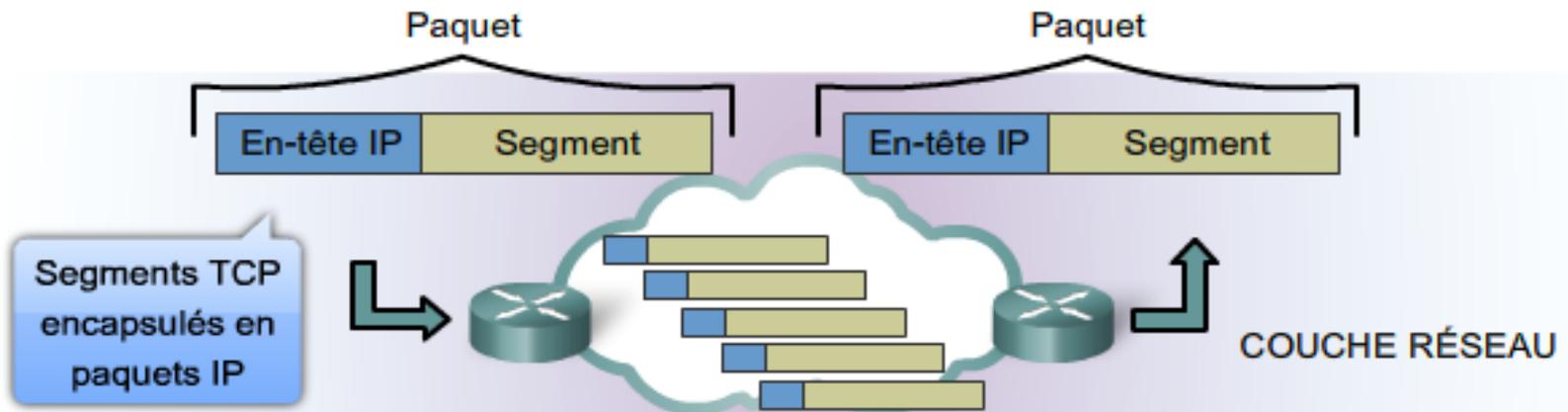


- Protocole IP version 4 (IPv4)
- Protocole IP version 6 (IPv6)
- Protocole IPX de Novell
- AppleTalk
- CLNS (Connectionless Network Service)/DECNet

- Le protocole IP (IPv4 et IPv6) constitue le protocole de transport de données de couche 3 le plus répandu.

Protocole IPv4 : exemple de protocole de couche réseau

- La version 4 du protocole IP (IPv4) est actuellement la version la plus répandue.
- Il s'agit du seul protocole de couche 3 utilisé pour transporter des données utilisateur sur Internet.

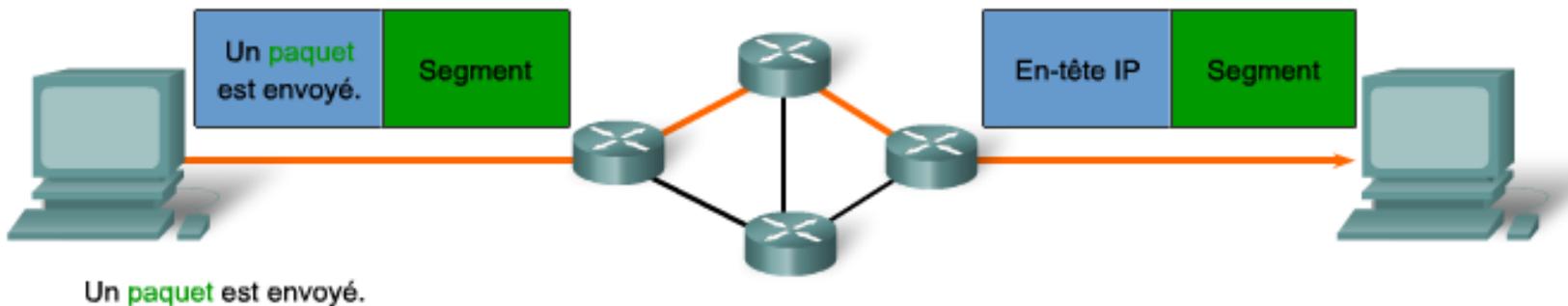


Les paquets IP circulent dans l'interréseau.

- Sans connexion : aucune connexion n'est établie avant l'envoi des paquets de données.
- Au mieux (peu fiable) : aucune surcharge n'est utilisée pour garantir la transmission des paquets.
- Indépendant des médias : fonctionne indépendamment du média transportant les données.

Service sans connexion

- Le protocole IP étant sans connexion, il ne nécessite aucun échange initial d'informations de contrôle pour établir une connexion de bout en bout avant le transfert des paquets, ni de champs supplémentaires dans l'en-tête d'unité de données de protocole pour maintenir cette connexion.
- Ce processus réduit sensiblement la surcharge du protocole IP.



L'expéditeur ne sait pas :

- si le destinataire est présent
- si le paquet est arrivé
- si le destinataire peut lire le paquet

K.BOURAGBA

Le destinataire ne sait pas :

- quand il arrive

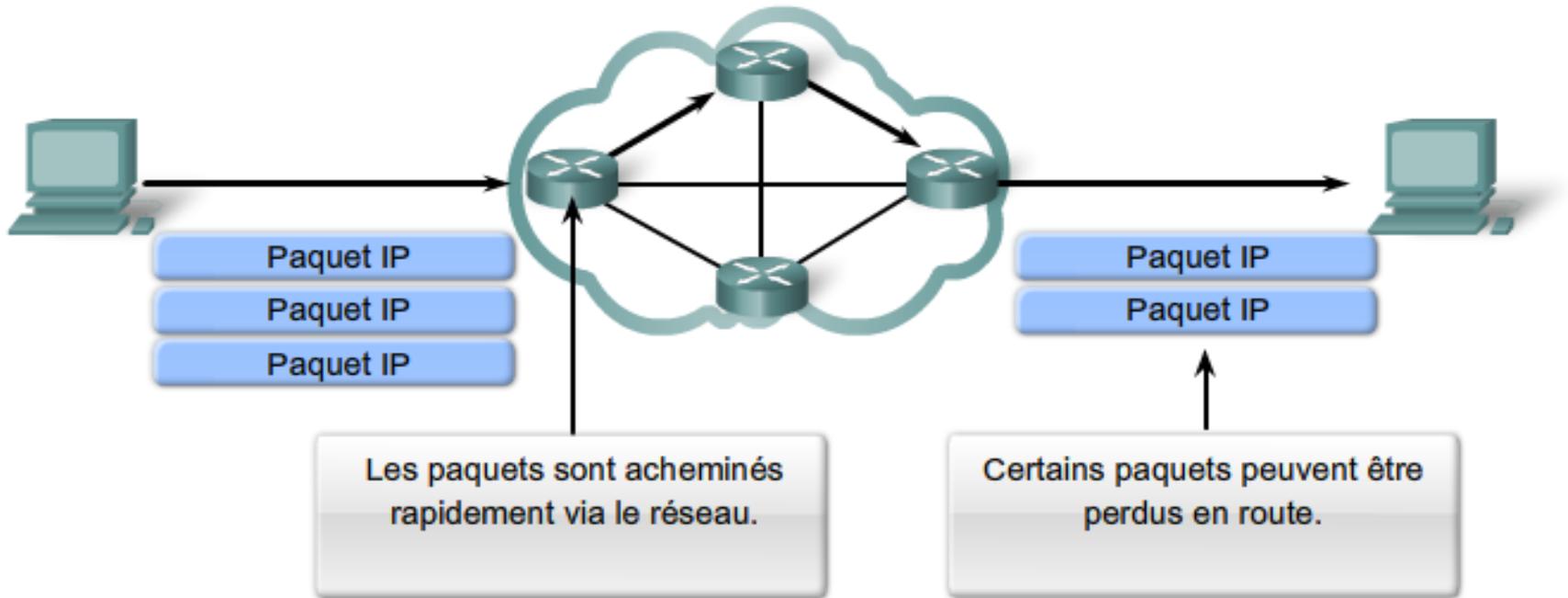
GI1-ESTC

Service au mieux (peu fiable)

- Le rôle de la couche 3 consiste à transporter les paquets entre les hôtes tout en imposant le moins de charge possible au réseau.
- La couche 3 n'est pas concernée par le type de communication contenu à l'intérieur d'un paquet, ou même l'ignore.
- Cette responsabilité est le rôle des couches supérieures, selon les besoins.
- Les couches supérieures peuvent décider si la communication entre les services doit être fiable et si elle peut tolérer la surcharge qu'implique cette fiabilité.

- Le protocole IP est souvent qualifié de protocole non fiable. Dans ce contexte, cela ne signifie pas qu'il fonctionne parfois bien, parfois moins bien. Cela ne veut pas dire non plus qu'il ne convient pas comme protocole de communications de données.
- Le terme « non fiable » signifie simplement que le protocole IP n'a pas la capacité de gérer (ni de récupérer) les paquets endommagés ou non remis.

Service au mieux (peu fiable)

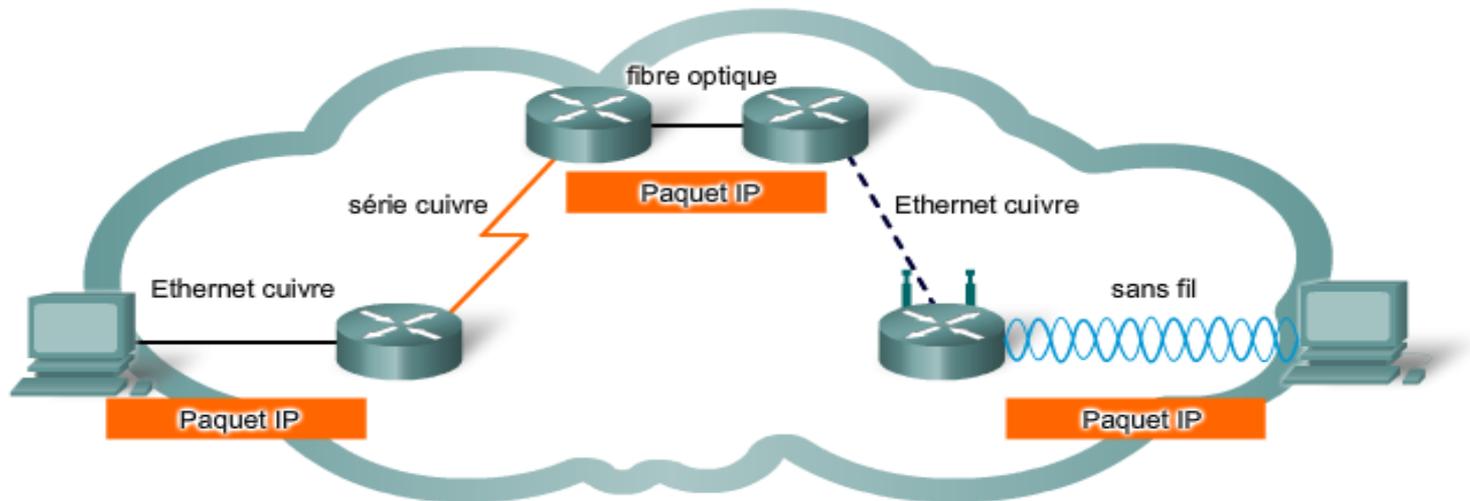


Protocole de couche réseau peu fiable, IP ne garantit pas que tous les paquets envoyés seront reçus.

D'autres protocoles gèrent le processus de suivi des paquets et garantissent leur acheminement.

Indépendant du support

- La couche réseau n'est pas non plus pénalisée par les caractéristiques du support transportant les paquets.
- IPv4 et IPv6 fonctionnent indépendamment des supports acheminant les données dans les couches inférieures de la pile de protocoles.
- Il incombe à la couche de liaison de données OSI de prendre un paquet IP et de le préparer en vue de sa transmission sur le support de communication.



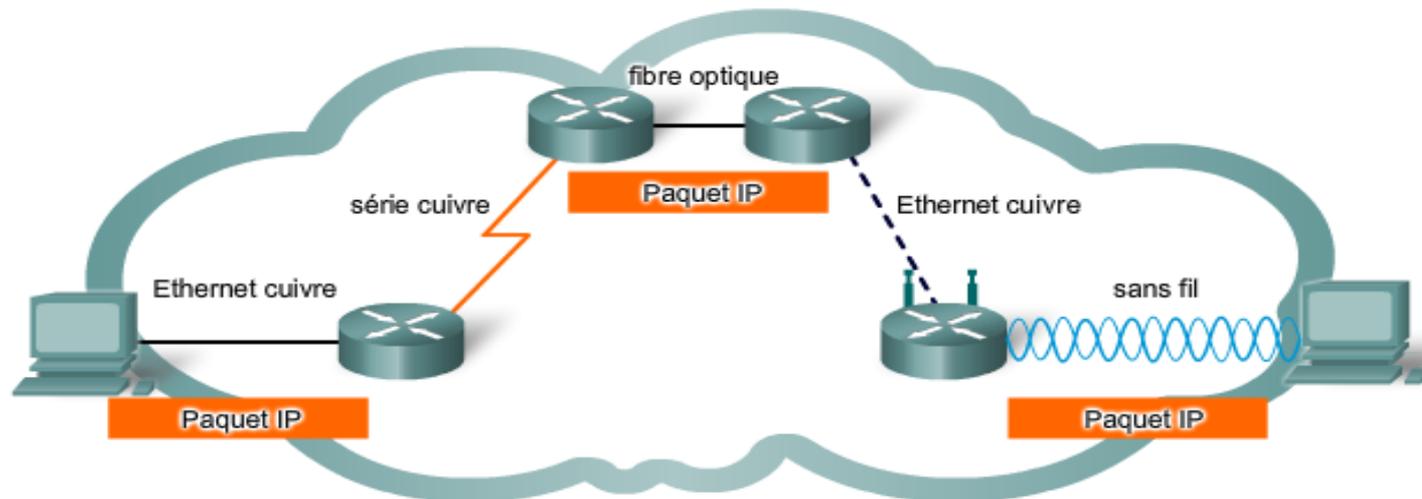
Les paquets IP peuvent transiter par différents médias.

Indépendant du support

- La couche réseau prend toutefois en compte une caractéristique majeure du support : la taille maximale d'unité de données de protocole que chaque support peut transporter.
- Cette caractéristique est désignée comme unité de transmission maximale (MTU). Une partie de la communication de contrôle entre la couche liaison de données et la couche réseau est l'établissement d'une taille maximale pour le paquet.
- La couche liaison de données transmet la MTU de manière ascendante à la couche réseau. Cette dernière détermine alors la taille de création des paquets.
- Dans certains cas, un périphérique intermédiaire (généralement un routeur) devra scinder un paquet lors de sa transmission d'un support à un autre avec une MTU inférieure.
- Ce processus porte le nom de fragmentation du paquet ou simplement fragmentation.

Encapsulation IP

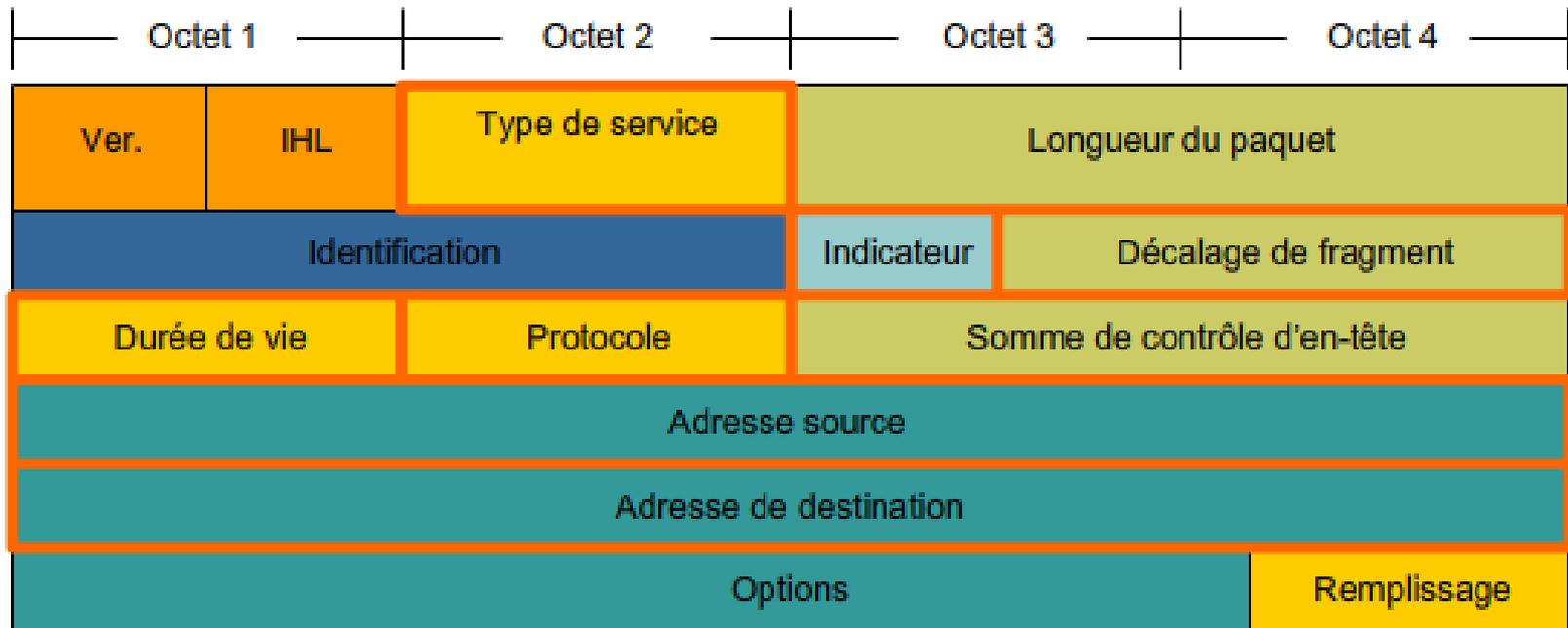
- Le protocole IPv4 encapsule, ou empaquette, le datagramme ou segment de la couche transport pour que le réseau puisse le délivrer à l'hôte de destination.
- L'encapsulation IPv4 reste en place du moment où le paquet quitte la couche réseau de l'hôte émetteur jusqu'à son arrivée dans la couche réseau de l'hôte de destination.
- Dans tous les cas, la partie données du paquet (à savoir l'unité de données de protocole de couche transport encapsulée) reste inchangée durant les processus de couche réseau.



Les paquets IP peuvent transiter par différents médias.

Champs d'un paquet IP

- un protocole IPv4 définit de nombreux champs différents dans l'en-tête de paquet.
- Ces champs contiennent des valeurs binaires référencés par les services IPv4 à mesure qu'ils transfèrent des paquets sur le réseau.



Adresses IP

- Adresse de destination IP
 - Le champ d'adresse de destination IP contient une valeur binaire de 32 bits représentant l'adresse de couche réseau de l'hôte destinataire du paquet.
- Adresse source IP
 - Le champ d'adresse source IP contient une valeur binaire de 32 bits représentant l'adresse de de couche réseau de l'hôte source du paquet.

Durée de vie

- La durée de vie (TTL, Time to live) est une valeur binaire de 8 bits indiquant la durée de vie restante du paquet.
- La valeur TTL est décrémentée de 1 au moins chaque fois que le paquet est traité par un routeur (c'est-à-dire à chaque saut).
- Lorsque la valeur devient nulle, le routeur supprime ou abandonne le paquet et il est retiré du flux de données du réseau.
- Ce mécanisme évite que les paquets ne pouvant atteindre leur destination ne soient transférés indéfiniment d'un routeur à l'autre dans une boucle de routage.

Protocole

- Cette valeur binaire de 8 bits indique le type de données utiles que le paquet transporte.
- Le champ de protocole permet à la couche réseau de transmettre les données au protocole de couche supérieure approprié.
- Exemples de valeurs :
 - 01 ICMP
 - 06 TCP
 - 17 UDP

Type de service

- Le champ de type de service contient une valeur binaire de 8 bits utilisée pour définir la priorité de chaque paquet.
- Cette valeur permet d'appliquer un mécanisme de qualité de service (QS) aux paquets de priorité élevée, tels que ceux transportant des données vocales de téléphonie.
- Le routeur traitant les paquets peut être configuré pour déterminer le paquet à transmettre en premier en fonction de la valeur de type de service.

Décalage du fragment

- Un routeur peut devoir fragmenter un paquet lors de sa transmission d'un média à un autre de MTU inférieure.
- Lorsqu'une fragmentation se produit, le paquet IPv4 utilise le champ de décalage du fragment et l'indicateur MF de l'en-tête IP pour reconstruire le paquet à son arrivée sur l'hôte de destination.
- Le champ de décalage du fragment identifie l'ordre dans lequel placer le fragment de paquet dans la reconstruction.

Indicateur de fragments supplémentaires

- L'indicateur de fragments supplémentaires (MF) est un seul bit du champ Indicateur utilisé avec le décalage du fragment pour la fragmentation et la reconstruction de paquets.
- L'indicateur de fragments supplémentaires est défini, indiquant qu'il ne s'agit pas du dernier fragment d'un paquet.
- Quand un hôte récepteur voit un paquet arriver avec l'indicateur MF = 1, il examine le décalage du fragment pour voir où ce fragment doit être placé dans le paquet reconstruit.
- Quand un hôte récepteur reçoit une trame avec l'indicateur MF = 0 et une valeur non nulle dans le champ de décalage du fragment, il place ce fragment à la fin du paquet reconstruit.
- Les informations de fragmentation d'un paquet non fragmenté sont toutes nulles (MF = 0, décalage du fragment = 0).

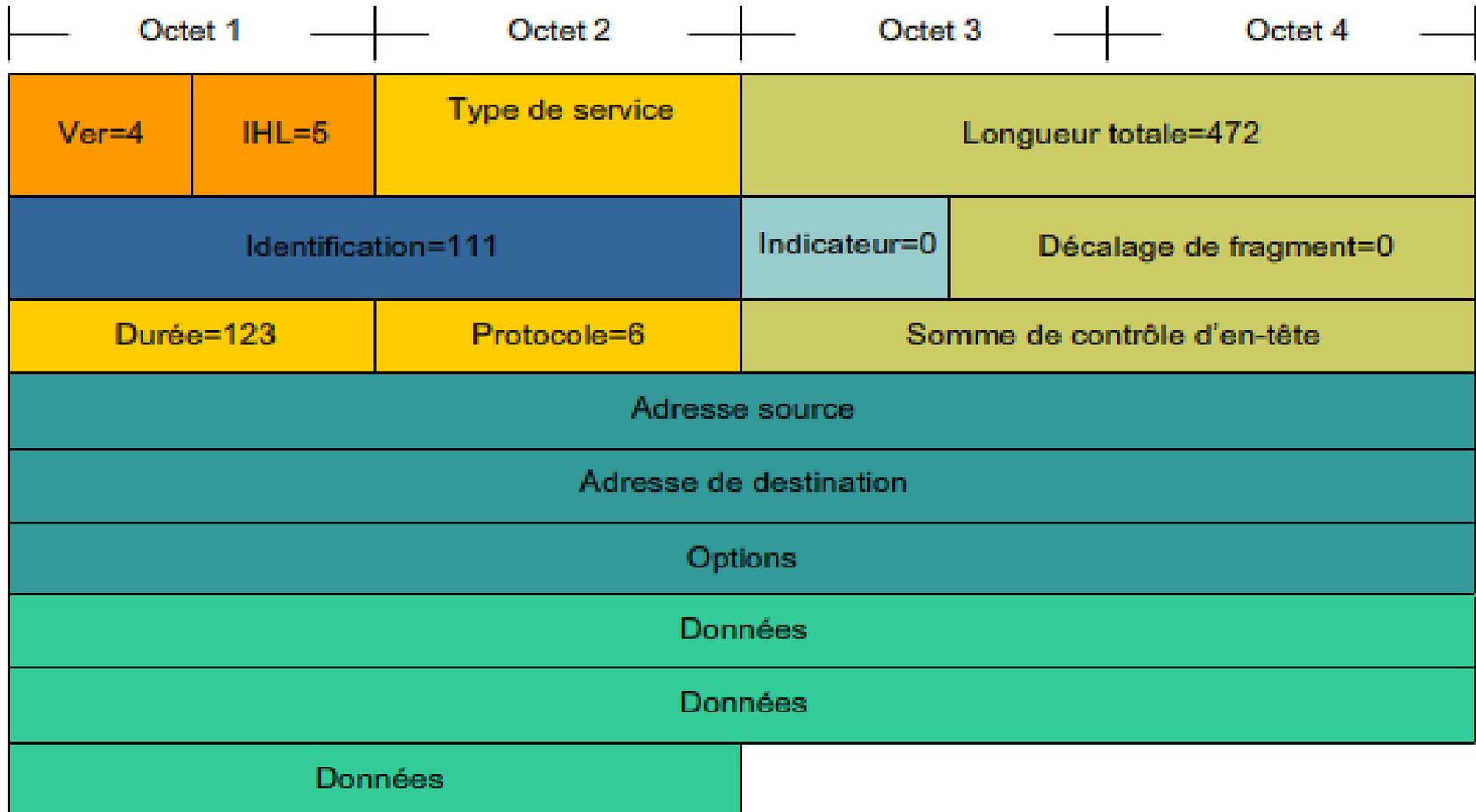
Indicateur Ne pas fragmenter

- L'indicateur Ne pas fragmenter (DF) est un seul bit du champ Indicateur stipulant que la fragmentation du paquet n'est pas autorisée.
- Si le bit de l'indicateur Ne pas fragmenter est défini, la fragmentation de ce paquet n'est PAS autorisée.
- Si un routeur doit fragmenter un paquet pour permettre sa transmission descendante à la couche liaison de données mais que le bit DF est défini à 1, le routeur supprime ce paquet.

Autres champs du paquet IP

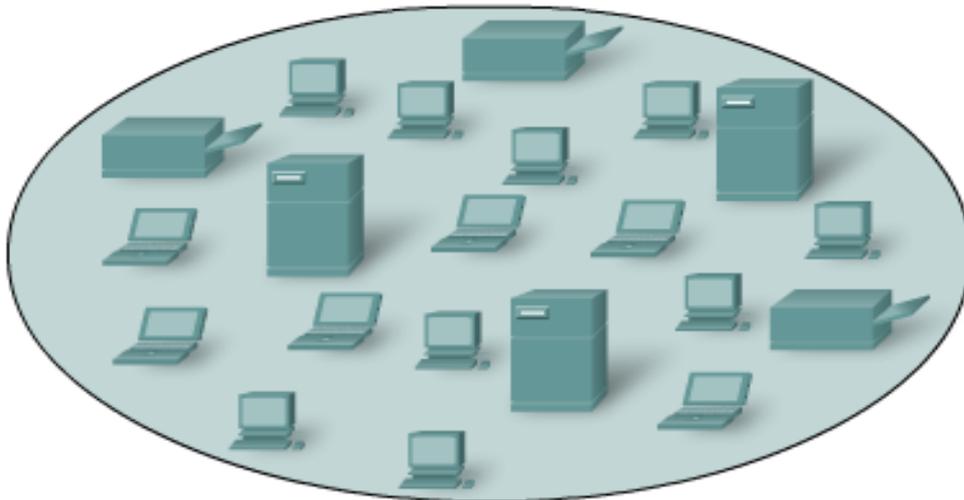
- **Version** : contient le numéro de version IP (4).
- **Longueur d'en-tête (IHL)** : spécifie la taille de l'en-tête de paquet.
- **Longueur du paquet** : ce champ donne la taille du paquet entier, en-tête et données compris, en octets.
- **Identification** : ce champ sert principalement à identifier de manière unique les fragments d'un paquet IP d'origine.
- **Somme de contrôle d'en-tête** : le champ de somme de contrôle est utilisé pour vérifier l'absence d'erreurs dans l'en-tête de paquet.
- **Options** : des champs supplémentaires sont prévus dans l'en-tête IPv4 afin de fournir d'autres services, mais ils sont rarement utilisés.

Paquet IP type



Division des hôtes en groupes

- À mesure que le nombre d'hôtes augmente, la gestion et l'adressage du réseau exigent davantage de planification.



Les concepteurs de réseaux doivent poser la question : sur quelle base le réseau doit-il être divisé ?

Un grand réseau est trop complexe pour fonctionner et gérer avec efficacité.

Division de réseaux

- Au lieu d'avoir tous les hôtes partout connectés à un seul vaste réseau global, il s'avère plus pratique et gérable de les grouper en réseaux spécifiques.
- Historiquement, les réseaux IP constituent à l'origine un grand réseau.
- À mesure que ce réseau unique s'est étendu, les soucis liés à sa croissance ont également augmenté.
- Pour réduire ces problèmes, le grand réseau a été séparé en réseaux plus petits, interconnectés appelés sous-réseaux.
- Réseau et sous-réseau sont des termes souvent utilisés de manière interchangeable pour désigner tout système de réseau rendu possible par les protocoles de communication communs partagés du modèle TCP/IP.

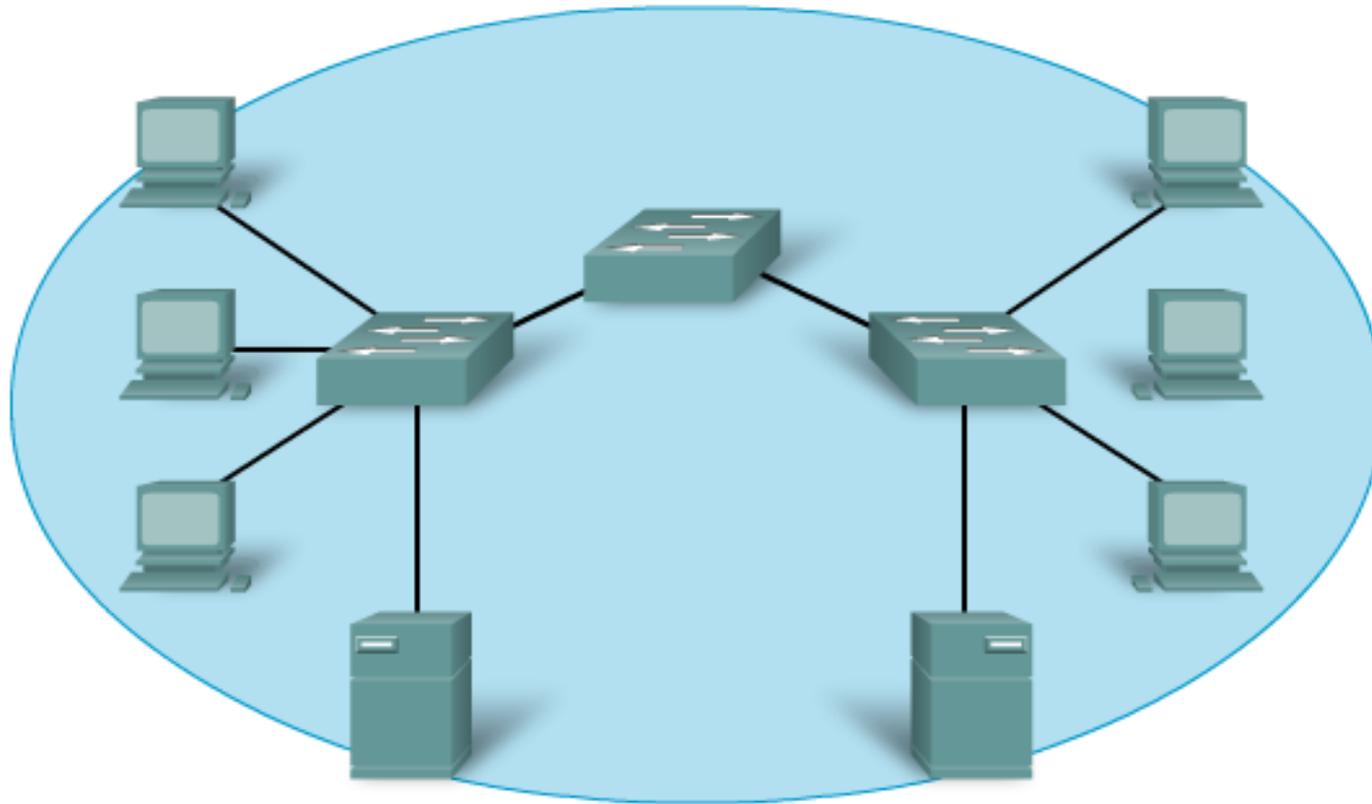
Problèmes des grands réseaux

- À mesure que les réseaux s'étendent, ils présentent des problèmes qui peuvent être au moins partiellement allégés en divisant le réseau en réseaux plus petits, interconnectés.
- Les problèmes courants rencontrés par les grands réseaux sont les suivants :
 - La dégradation des performances
 - Les problèmes de sécurité
 - La gestion des adresses

L'amélioration des performances

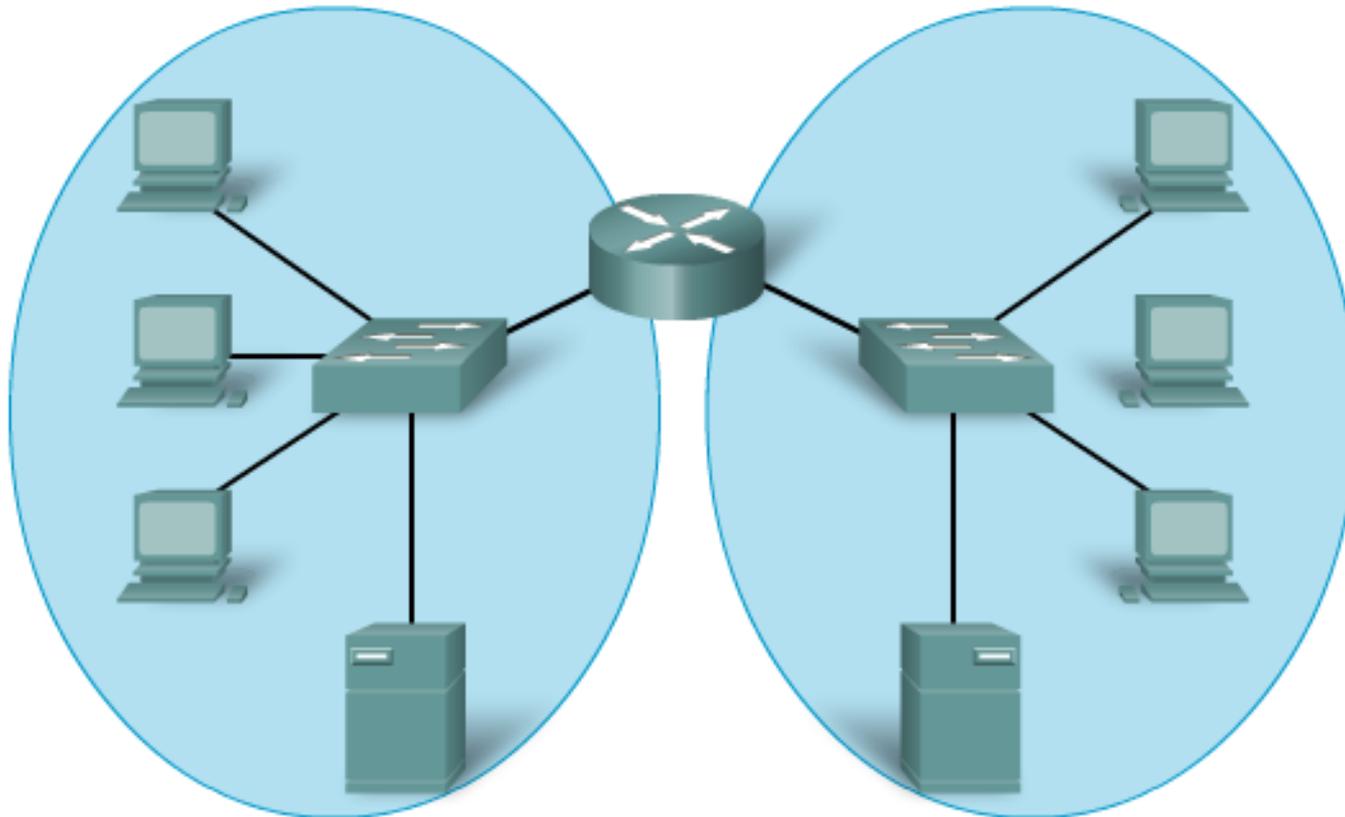
- La division des grands réseaux de façon à regrouper les hôtes devant communiquer réduit le trafic entre les réseaux.
- En plus des communications de données proprement dites entre les hôtes, le trafic lié à la gestion et au contrôle du réseau (surcharge) augmente également avec le nombre d'hôtes.
- Les diffusions réseau peuvent contribuer de manière importante à cette surcharge.
- Une diffusion est un message envoyé à partir d'un hôte à tous les autres hôtes du réseau.
- En général, un hôte lance une diffusion lorsque des informations concernant un autre hôte inconnu sont requises.
- Les diffusions constituent un outil nécessaire et utile employé par les protocoles pour permettre la communication de données sur les réseaux.
- Cependant, des hôtes nombreux génèrent aussi un nombre important de diffusions qui occupent la bande passante du réseau.

Un seul domaine de diffusion



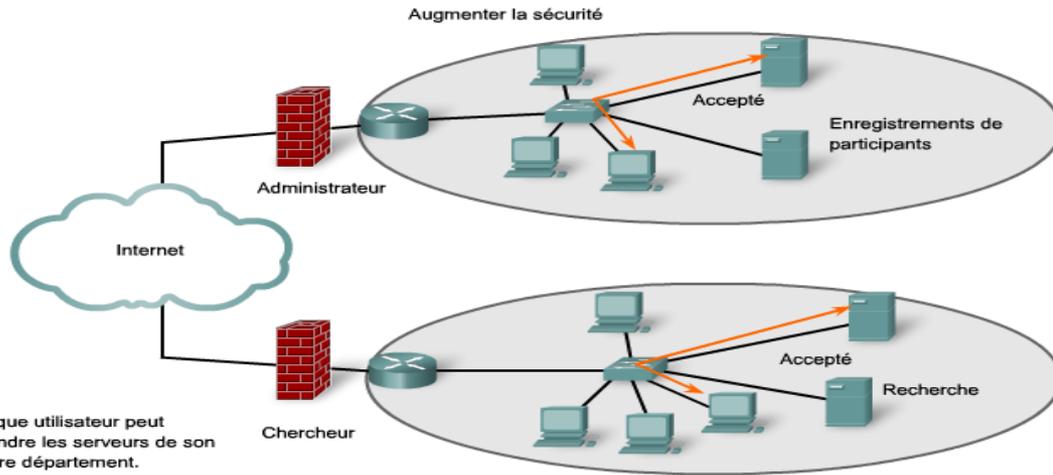
Tous les périphériques de ce réseau sont connectés dans un domaine de diffusion lorsque le commutateur est défini sur les paramètres par défaut d'usine. Les commutateurs transmettant par défaut des diffusions, ces dernières sont traitées par tous les périphériques de ce réseau.

Deux sous réseaux IP ; deux domaines de diffusion

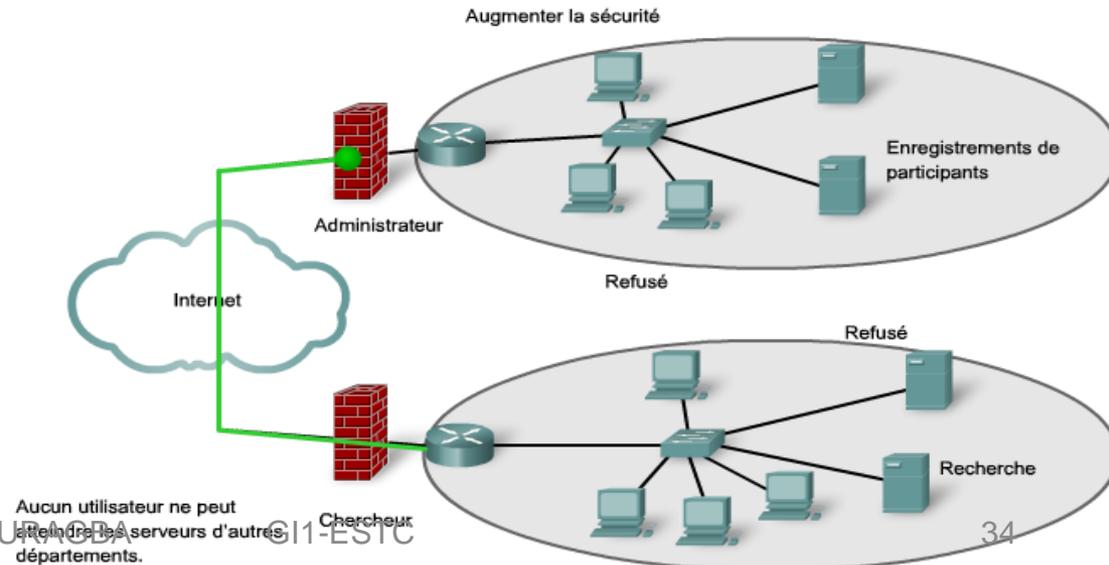


Le remplacement du commutateur intermédiaire par un routeur crée 2 sous-réseaux IP, et par conséquent, 2 domaines de diffusion distincts. Tous les périphériques sont connectés, mais des diffusions locales sont contenues.

Division des réseaux et la sécurité

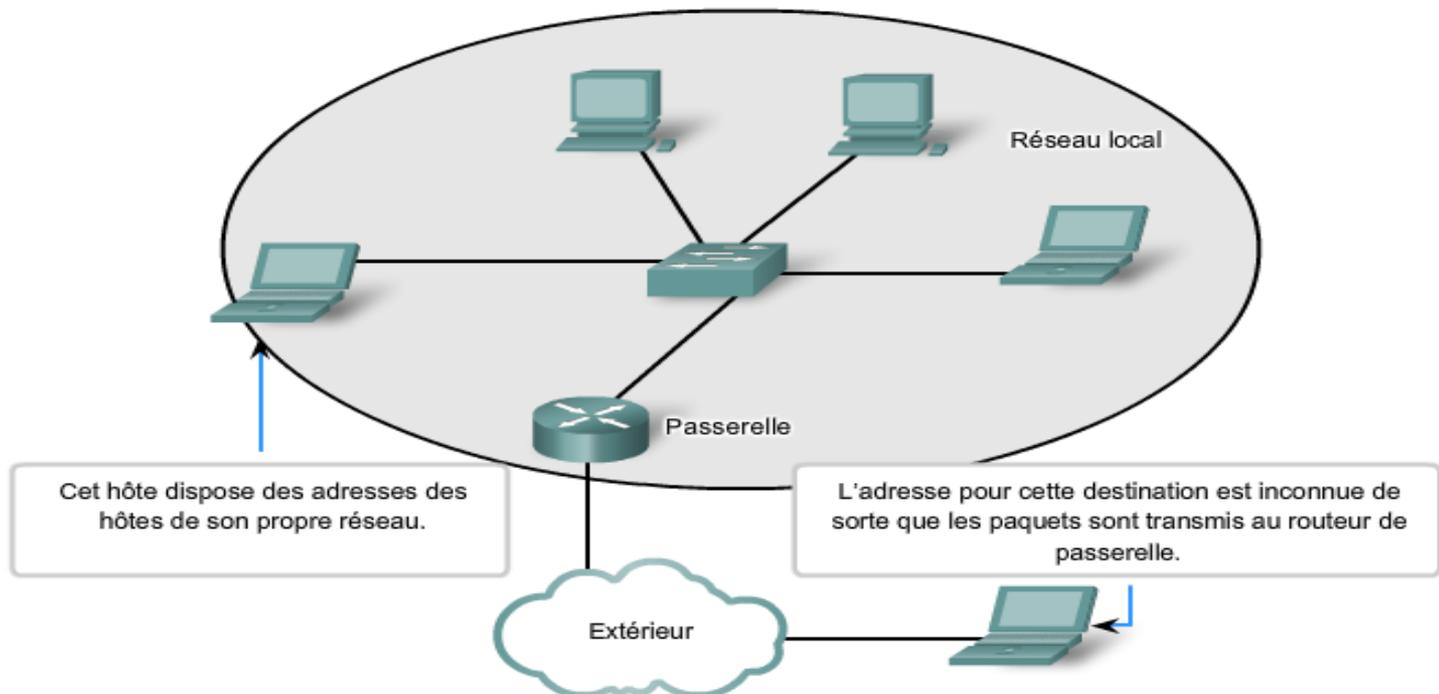


La division d'un réseau en fonction de l'accès utilisateur constitue un moyen de sécuriser les communications et données contre tout accès non autorisé par des utilisateurs situés à la fois dans l'organisation et en dehors.



Division des hôtes et gestion des adresses

- Internet se compose de millions d'hôtes, identifiés individuellement par une adresse de couche réseau unique.
- S'attendre à ce que chaque hôte connaisse l'adresse de tout autre imposerait une charge de traitement sur ces périphériques réseau entraînant une grave dégradation de leurs performances.

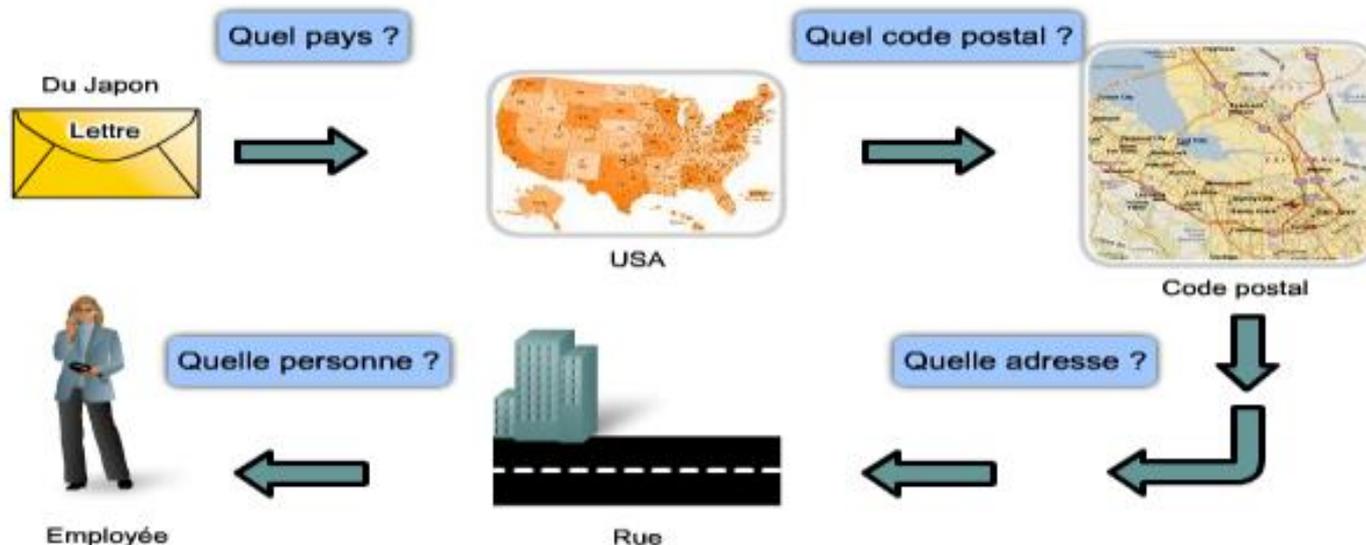


Les hôtes ne savent pas comment transmettre des données à des périphériques d'un réseau distant : c'est le rôle de la passerelle.

Adressage hiérarchique

- Un adressage hiérarchique est nécessaire pour pouvoir diviser des réseaux.
- Une adresse hiérarchique identifie chaque hôte de manière unique.
- Elle comporte également des niveaux facilitant le transfert des paquets entre des réseaux, ce qui permet la division d'un réseau en fonction de ces niveaux.

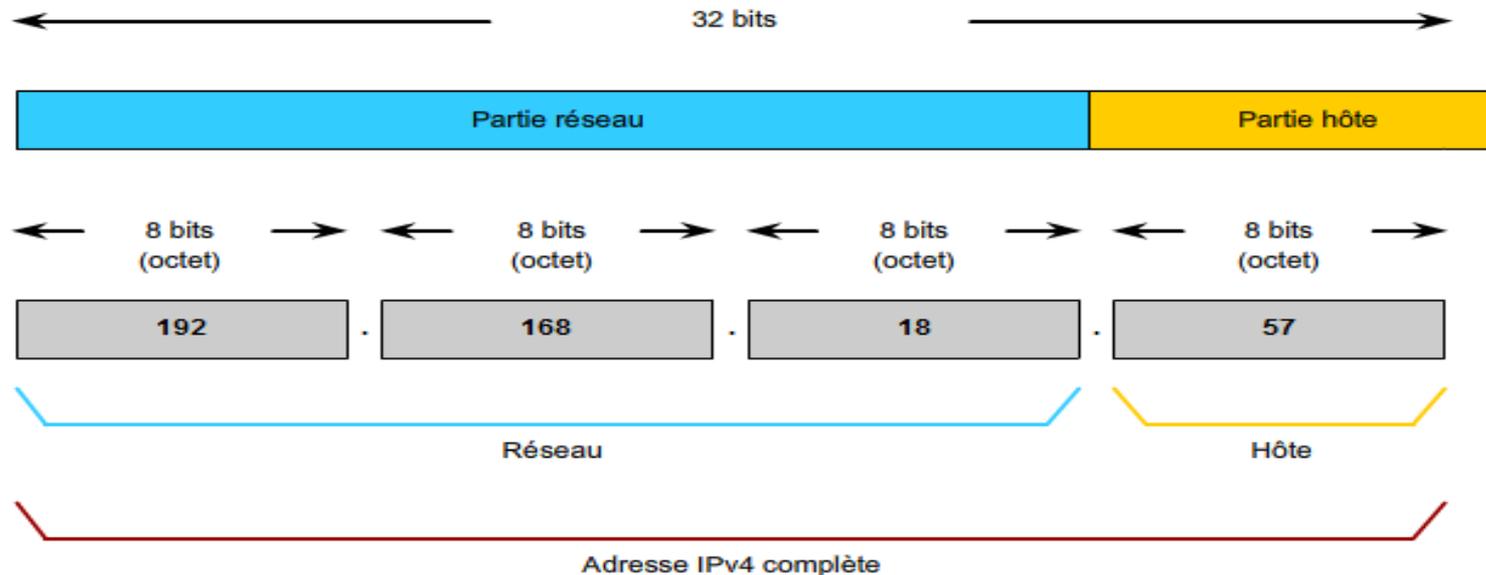
À : Jane Doe 170 West Tasman Drive, San Jose, CA 95134, USA



À chaque étape, le bureau de poste doit uniquement examiner le niveau hiérarchique suivant.

Adressage hiérarchique

- L'adresse IPv4 32 bits logique est hiérarchique et constituée de deux parties. La première partie identifie le réseau, et la seconde un hôte de ce réseau. Les deux parties sont requises pour que l'adresse IP soit complète.
- Pour plus de commodité, les adresses IPv4 sont divisées en quatre groupes de 8 bits (octets).
- Chaque octet est converti en valeur décimale et l'adresse complète écrite sous la forme des quatre valeurs décimales séparées par un point.



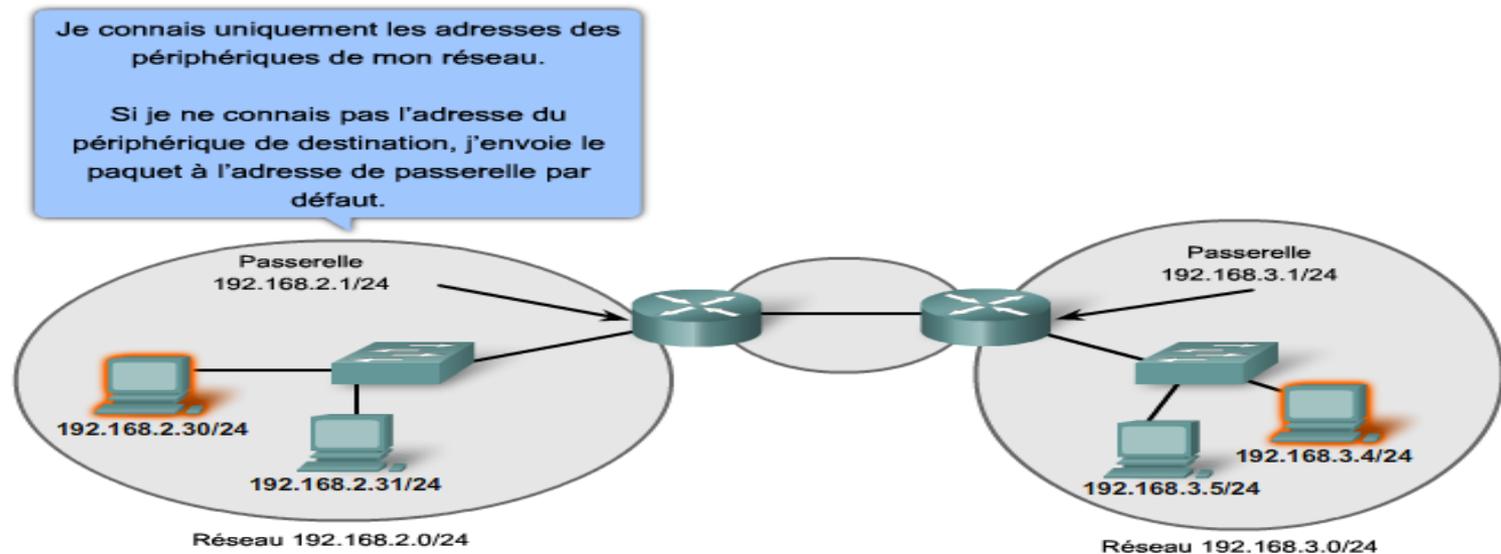
Adressage hiérarchique

- Il s'agit d'un adressage hiérarchique car la partie réseau indique le réseau sur lequel se trouve chaque adresse d'hôte unique.
- Les routeurs ont seulement besoin de savoir comment atteindre chaque réseau, sans connaître l'emplacement de chaque hôte individuel.
- Avec l'adressage hiérarchique IPv4, la partie réseau de l'adresse de tous les hôtes d'un réseau est la même.
- Pour diviser un réseau, la partie réseau de l'adresse est étendue pour utiliser des bits de la partie hôte.
- Ces bits d'hôte empruntés sont alors utilisés comme bits de réseau pour représenter les différents sous-réseaux compris dans le réseau d'origine.
- Une adresse IPv4 comptant 32 bits, lorsque des bits d'hôte sont utilisés pour diviser un réseau, plus le nombre de sous-réseaux créés est important, moins il y a d'hôtes pour chaque sous-réseau.
- Cependant, quel que soit le nombre de sous-réseaux créés, l'ensemble des 32 bits est requis pour identifier un hôte individuel.
- Le nombre de bits d'une adresse utilisés comme partie réseau est appelé longueur de préfixe. Par exemple, si un réseau utilise 24 bits pour exprimer la partie réseau d'une adresse, on parle de préfixe /24.
- Dans les périphériques d'un réseau IPv4, un numéro de 32 bits distinct appelé masque de sous-réseau indique le préfixe.

Communication en dehors du réseau

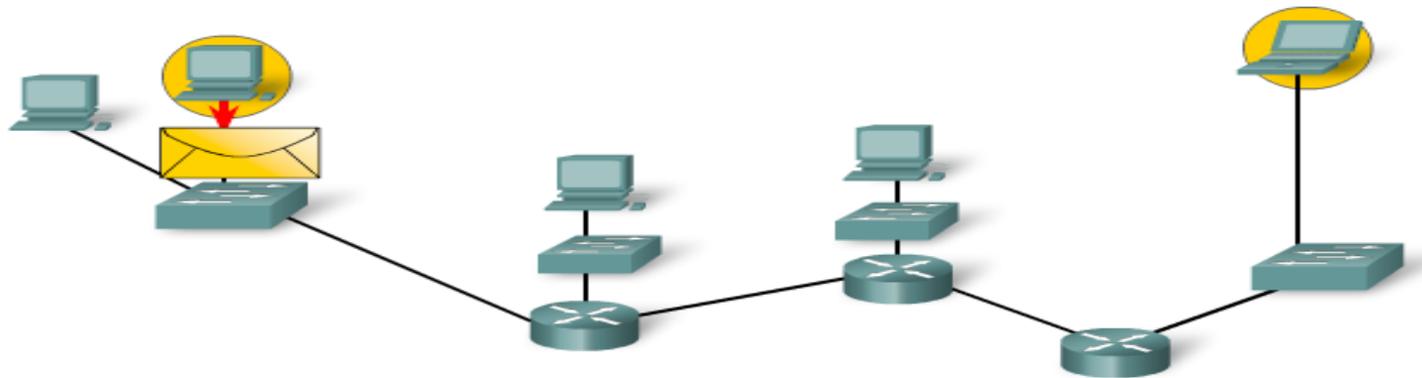
- Au sein d'un réseau ou d'un sous-réseau, les hôtes communiquent entre eux sans nécessiter de périphérique intermédiaire de couche réseau.
- Quand un hôte doit communiquer avec un autre réseau, un périphérique intermédiaire, ou routeur, sert de passerelle avec l'autre réseau.

Les passerelles permettent les communications entre réseaux.



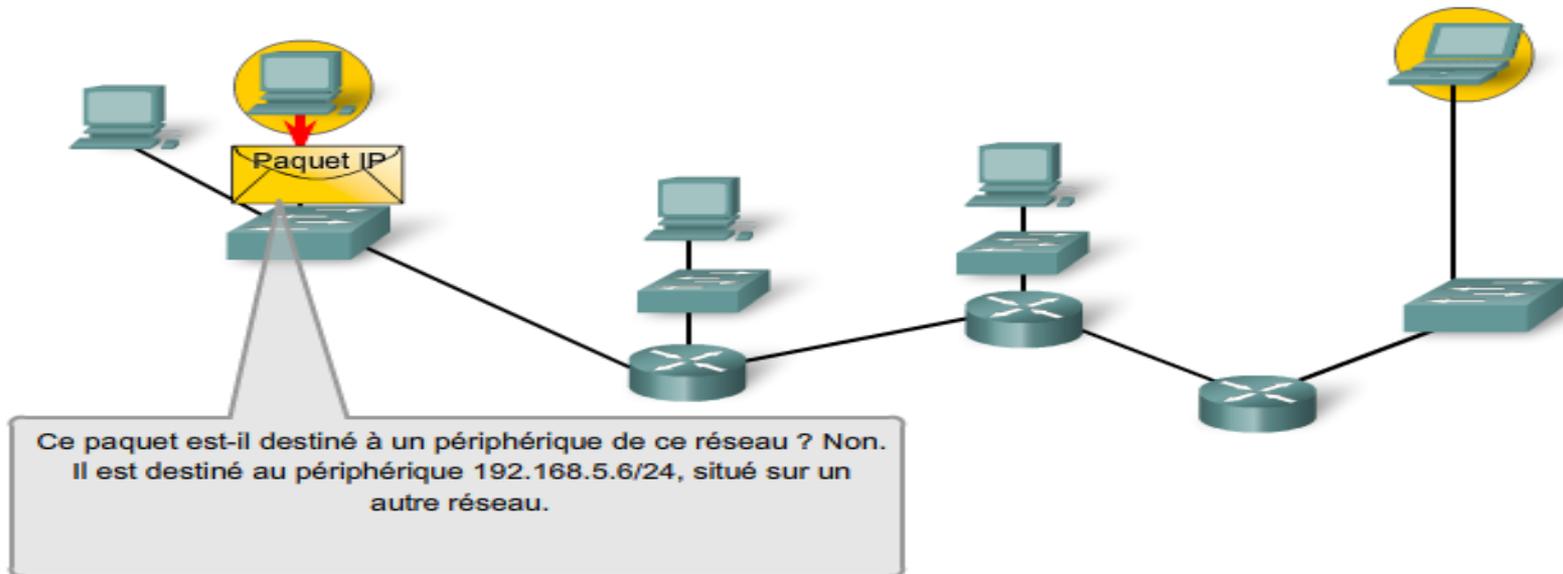
Routage de paquets IP

- Le rôle de la couche réseau est de transférer des données de leur hôte d'origine vers l'hôte qui les utilise.
- Durant l'encapsulation sur l'hôte source, un paquet IP est construit dans la couche 3 pour transporter l'unité de données de protocole de couche 4.
- Si l'hôte de destination se trouve sur le même réseau que l'hôte source, le paquet est acheminé entre les deux hôtes sur le support local sans nécessiter de routeur.

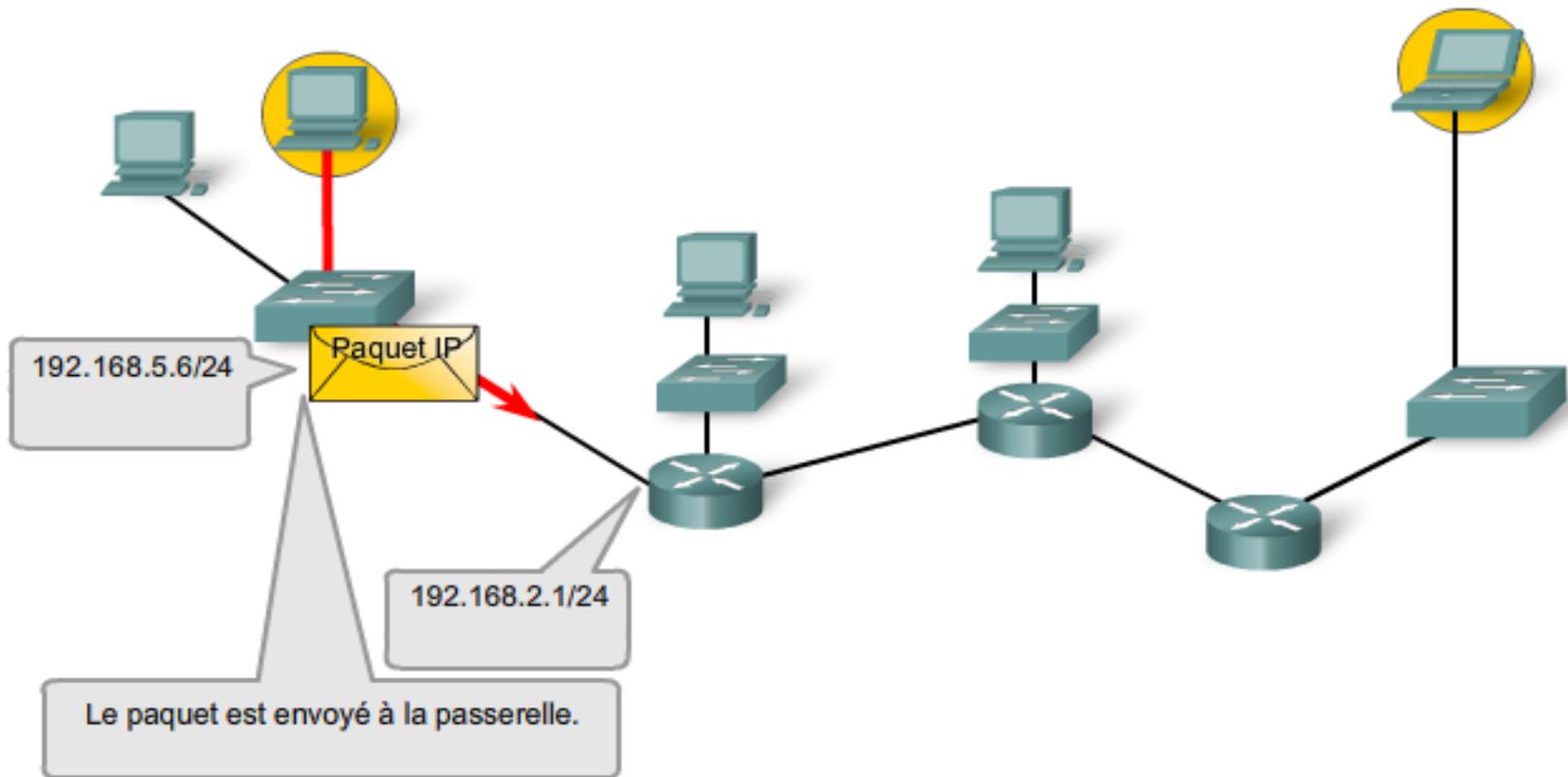


Routage de paquets IP

- Si l'hôte de destination et l'hôte source ne se trouvent pas sur le même réseau, le paquet peut transporter une unité de données de protocole de couche transport entre de nombreux réseaux et via de nombreux routeurs.
- Ce faisant, les informations contenues ne sont pas modifiées par les routeurs lors des décisions de transfert.

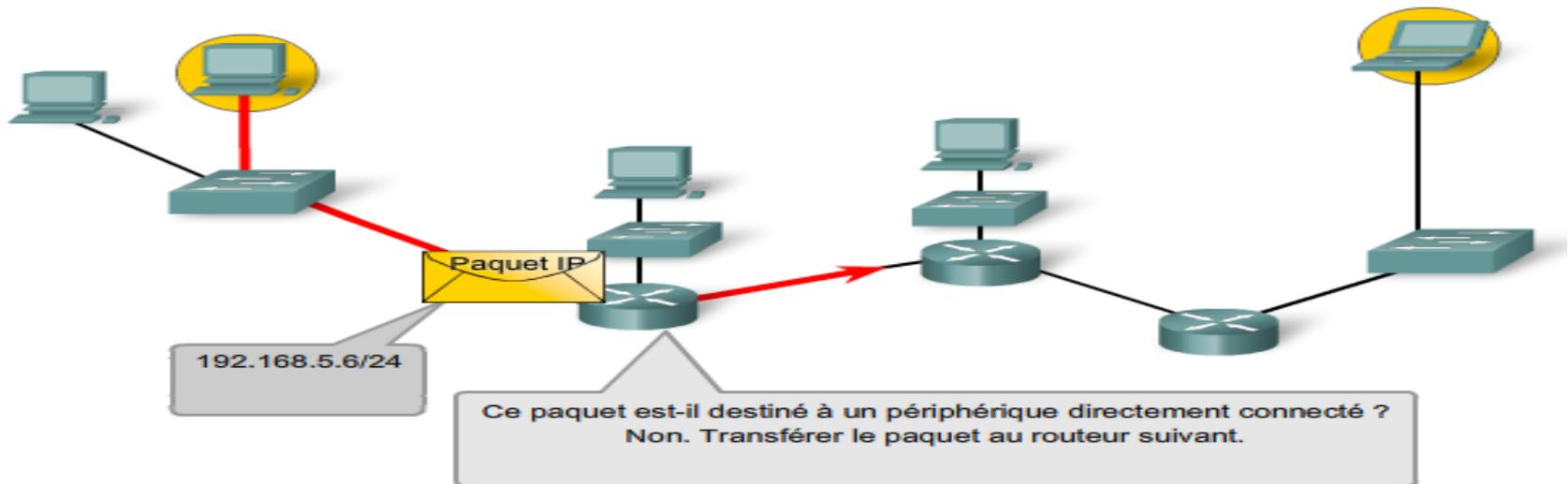


Routage de paquets IP



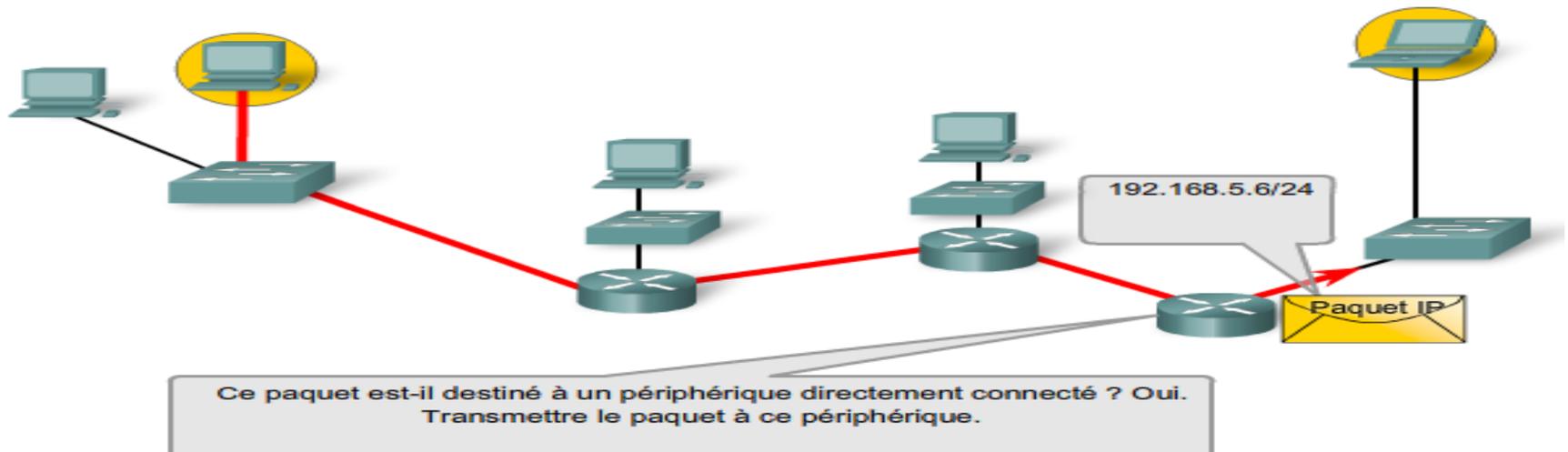
Routage de paquets IP

- À chaque saut, les décisions de transfert sont basées sur les informations de l'en-tête de paquet IP.
- Le paquet avec son encapsulation de couche réseau est aussi fondamentalement intact tout au long du processus complet, de l'hôte source à l'hôte de destination.



Routage de paquets IP

- Si une communication a lieu entre des hôtes de réseaux différents, le réseau local achemine le paquet de la source vers son routeur de passerelle.
- Le routeur examine la partie réseau de l'adresse de destination du paquet et achemine le paquet à l'interface appropriée.
- Si le réseau de destination est connecté directement à ce routeur, le paquet est transféré directement vers cet hôte.
- Si le réseau de destination n'est pas connecté directement, le paquet est acheminé vers un second routeur qui constitue le routeur de tronçon suivant.



Passerelle : sortie du réseau

- La passerelle, également appelée passerelle par défaut, est requise pour envoyer un paquet en dehors du réseau local.
- Si la partie réseau de l'adresse de destination du paquet ne correspond pas au réseau de l'hôte émetteur, le paquet doit être acheminé en dehors du réseau d'origine.
- Pour ce faire, le paquet est envoyé à la passerelle.
- Cette passerelle est une interface de routeur connectée au réseau local.
- L'interface de passerelle a une adresse de couche réseau correspondant à l'adresse réseau des hôtes.
- Les hôtes sont configurés pour reconnaître cette adresse comme étant la passerelle.

Passerelle par défaut

The diagram illustrates a network topology with three computers and a central router. The router is connected to the Internet. The configuration details for each device are as follows:

- Computer 1 (top):**
 - Adresse IP: 192.168.1.2/24
 - Adresse de passerelle: 192.168.1.254/24
- Computer 2 (middle):**
 - Adresse IP: 192.168.1.1/24
 - Adresse de passerelle: 192.168.1.254/24
- Computer 3 (bottom):**
 - Adresse IP: 192.168.1.3/24
 - Adresse de passerelle: 192.168.1.254/24
- Router:**
 - Adresse de passerelle: 192.168.1.254/24

The screenshot shows the "Propriétés de Protocole Internet (TCP/IP)" window in Windows. The "Général" tab is selected, and the "Utiliser l'adresse IP suivante" option is chosen. The configuration fields are:

- Adresse IP: 192.168.1.2
- Masque de sous-réseau: 255.255.255.0
- Passerelle par défaut: 192.168.1.254

The "Avancé..." button is visible at the bottom right of the window.

La passerelle est configurée sous Windows à l'aide des Propriétés du protocole Internet (TCP/IP).

Résultat ipconfig

```
C:\>ipconfig

Windows IP Configuration

Ethernet adapter Local Area Connection:

    Connection-specific DNS Suffix  . :
    ① IP Address. . . . . : 192.168.1.2
    ② Subnet Mask . . . . . : 255.255.255.0
    ③ Default Gateway . . . . . : 192.168.1.254
```

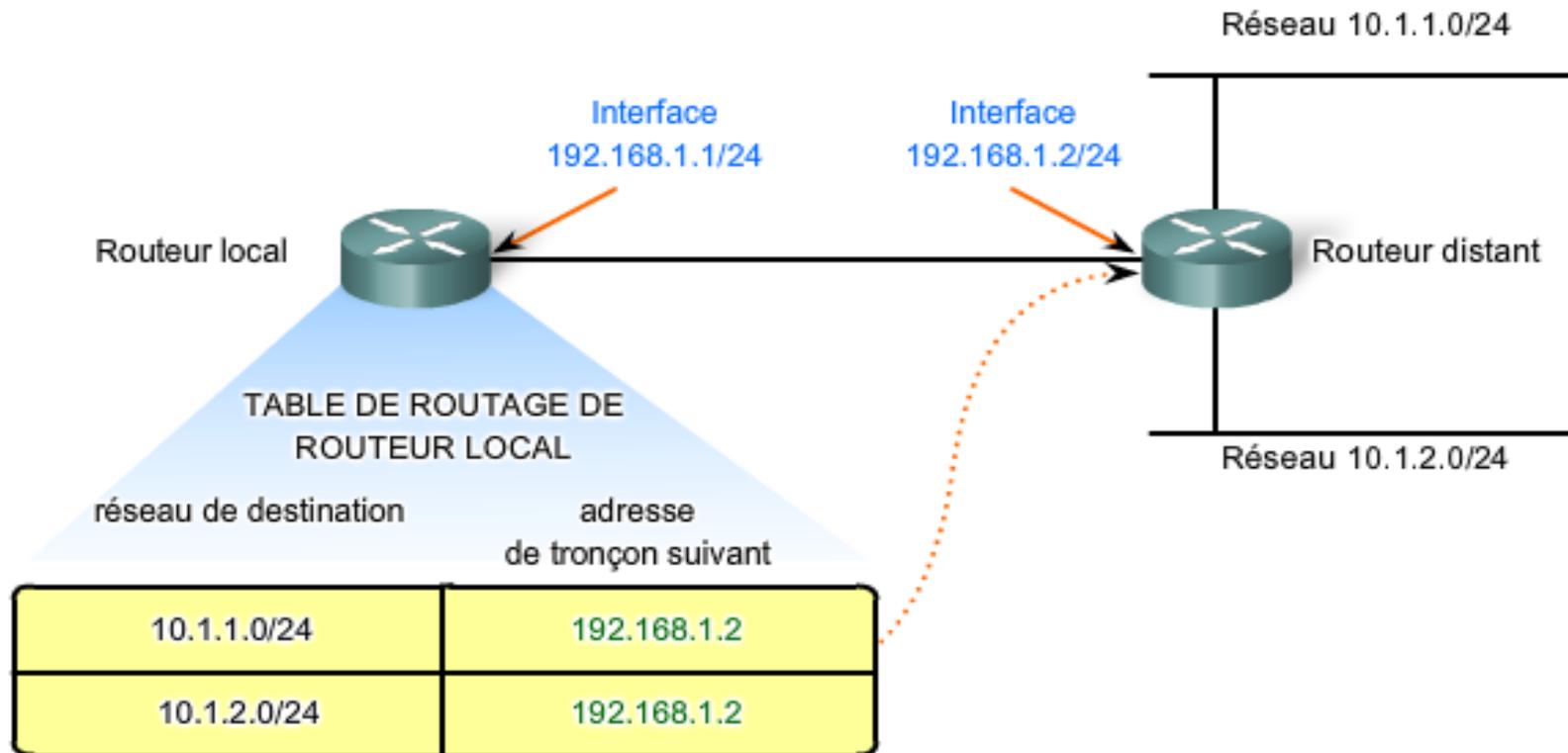
Adresse de passerelle par défaut pour cet ordinateur hôte

Exemple de résultat `ipconfig` indiquant l'adresse de passerelle par défaut

Routes et routage

- Aucun paquet ne peut être acheminé sans route.
- Que le paquet provienne d'un hôte ou qu'il soit acheminé par un périphérique intermédiaire, le périphérique a besoin d'une route pour savoir où l'acheminer.
- Un hôte doit transférer un paquet à l'hôte du réseau local ou à la passerelle, selon le cas.
- Pour acheminer les paquets, l'hôte doit disposer de routes représentant ces destinations.
- Un routeur prend une décision de transfert pour chaque paquet qui arrive à l'interface de passerelle.
- Ce processus de transfert est appelé routage. Pour transférer un paquet vers un réseau de destination, le routeur a besoin d'une route vers ce réseau.
- S'il n'existe aucune route vers un réseau de destination, le paquet ne peut pas être transféré.

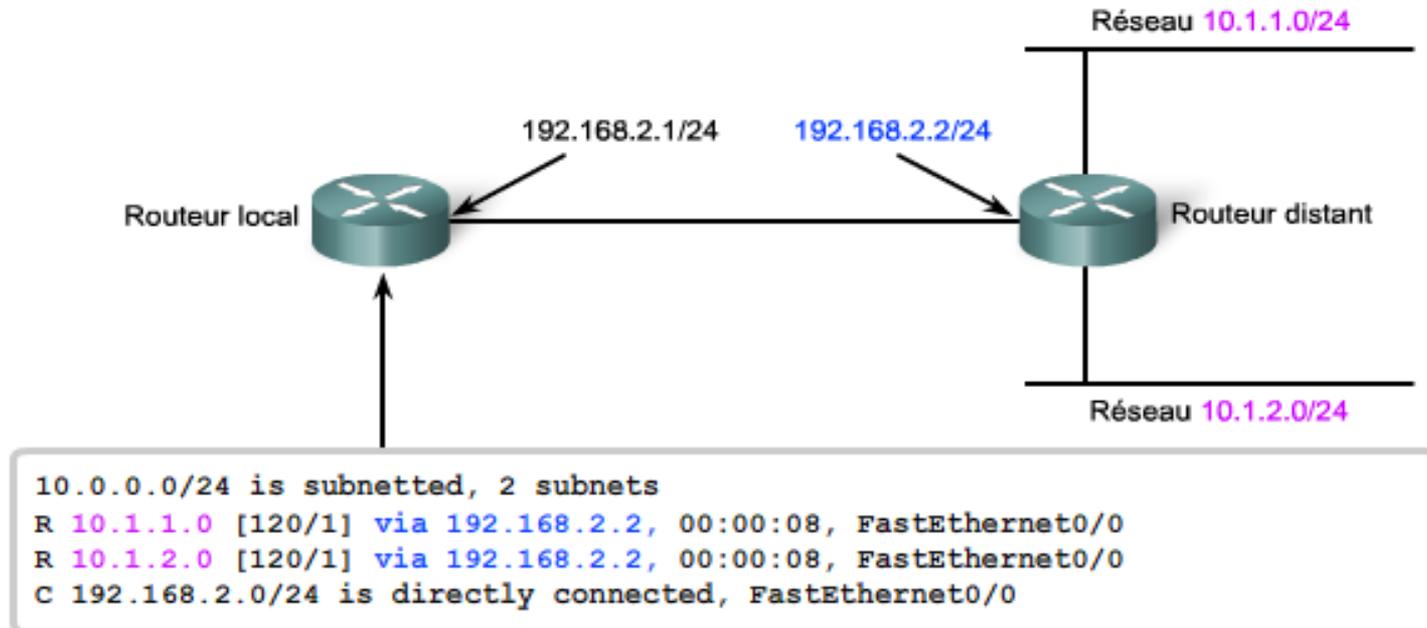
Routes et routage



Le tronçon suivant pour les réseaux 10.1.1.0/24 et 10.1.2.0/24 à partir du routeur local est 192.168.1.2

Les tables de routage

- Comme les périphériques finaux, les routeurs ajoutent également à leur table de routage des routes pour les réseaux connectés.
- Lorsqu'une interface de routeur est configurée avec une adresse IP et un masque de sous-réseau, elle devient partie intégrante de ce réseau.
- La table de routage inclut alors ce réseau comme connecté directement. Cependant, toutes les autres routes doivent être configurées ou acquises via un protocole de routage.



Les tables de routage

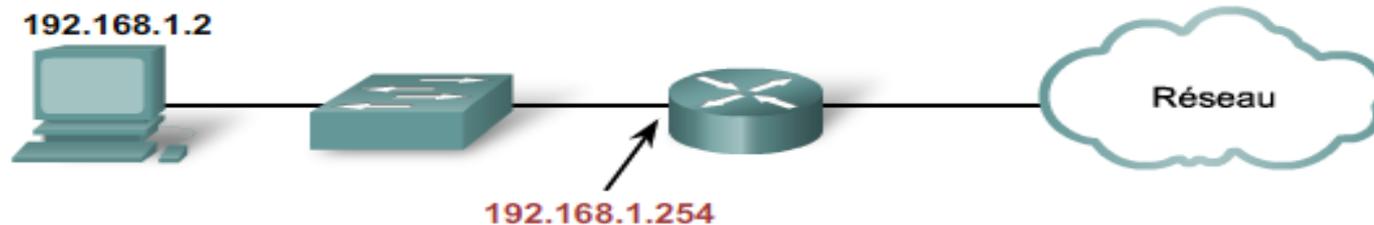
- La table de routage stocke des informations sur les réseaux connectés et distants.
- Les réseaux connectés sont reliés directement à une des interfaces de routeur.
- Ces interfaces sont les passerelles pour les hôtes situés sur des réseaux locaux différents.
- Les réseaux distants ne sont pas directement connectés au routeur.
- Les routes vers ces réseaux peuvent être configurées manuellement sur le routeur par l'administrateur réseau ou découvertes automatiquement à l'aide de protocoles de routage dynamiques.
- Les routes d'une table de routage possèdent trois caractéristiques principales :
 - Réseau de destination
 - Tronçon suivant
 - Métrique

La table de routage

- Le routeur met en correspondance l'adresse de destination de l'en-tête de paquet avec le réseau de destination d'une route dans la table de routage et transfère le paquet au routeur de tronçon suivant spécifié par cette route.
- Si plusieurs routes sont possibles pour la même destination, la métrique est utilisée pour décider de la route qui apparaît dans la table de routage.
- Les paquets ne peuvent pas être acheminés par le routeur sans route.
- Si aucune route représentant le réseau de destination ne figure dans la table de routage, le paquet est abandonné (non transféré).
- Le routeur peut également utiliser une route par défaut pour transférer le paquet.
- La route par défaut est utilisée lorsque le réseau de destination n'est représenté par aucune autre route dans la table de routage.

Table de routage d'un hôte

- Un hôte crée les routes utilisées pour transférer les paquets qu'il émet.
- Ces routes sont dérivées du réseau connecté et de la configuration de la passerelle par défaut.



```
Interface List
0x2 ...00 0f fe 26 f7 7b ... Gigabit Ethernet - Packet Scheduler Miniport
=====
Active Routes:
Network Destination        Netmask          Gateway           Interface        Metric
          0.0.0.0             0.0.0.0          192.168.1.254     192.168.1.2      20
        192.168.1.0       255.255.255.0    192.168.1.2      192.168.1.2      20
Default Gateway:          192.168.1.254
// résultat omis //
```

Ceci est un exemple de table de routage sur un périphérique final après exécution de la commande `netstat -r`.

Notez qu'elle comporte une route vers son réseau (192.168.1.0) et une route par défaut (0.0.0.0) vers la passerelle de routeur pour tous les autres réseaux.

Entrées de table de routage

- Le réseau de destination indiqué dans une entrée de table de routage, appelée route, représente une plage d'adresses d'hôte et parfois une plage d'adresses de réseau et d'hôte.
- La nature hiérarchique de l'adressage de couche 3 signifie qu'une entrée de route peut faire référence à un grand réseau global et une autre à un sous-réseau de ce réseau.

```
10.0.0.0/24 is subnetted, 2 subnets
R   10.1.1.0 [120/1] via 192.168.2.2, 00:00:08, FastEthernet0/0
R   10.1.2.0 [120/1] via 192.168.2.2, 00:00:08, FastEthernet0/0
C   192.168.2.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
```

Route par défaut

- Un routeur peut être configuré pour posséder une route par défaut.
- Il s'agit d'une route qui correspond à tous les réseaux de destination.
- Dans les réseaux IPv4, l'adresse 0.0.0.0 est utilisée à cet effet. La route par défaut est utilisée pour transférer les paquets pour lesquels aucune entrée ne figure dans la table de routage pour le réseau de destination.
- Les paquets avec une adresse de réseau de destination ne correspondant pas à une route plus spécifique dans la table de routage sont transférés vers le routeur de tronçon suivant associé à la route par défaut.

```
Gateway of last resort is 192.168.2.2 to network 0.0.0.0
 10.0.0.0/24 is subnetted, 2 subnets
R   10.1.1.0 [120/1] via 192.168.2.2, 00:00:08, FastEthernet0/0
R   10.1.2.0 [120/1] via 192.168.2.2, 00:00:08, FastEthernet0/0
C   192.168.2.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
S*  0.0.0.0/0 [1/0] via 192.168.2.2
```

Adresse du tronçon suivant

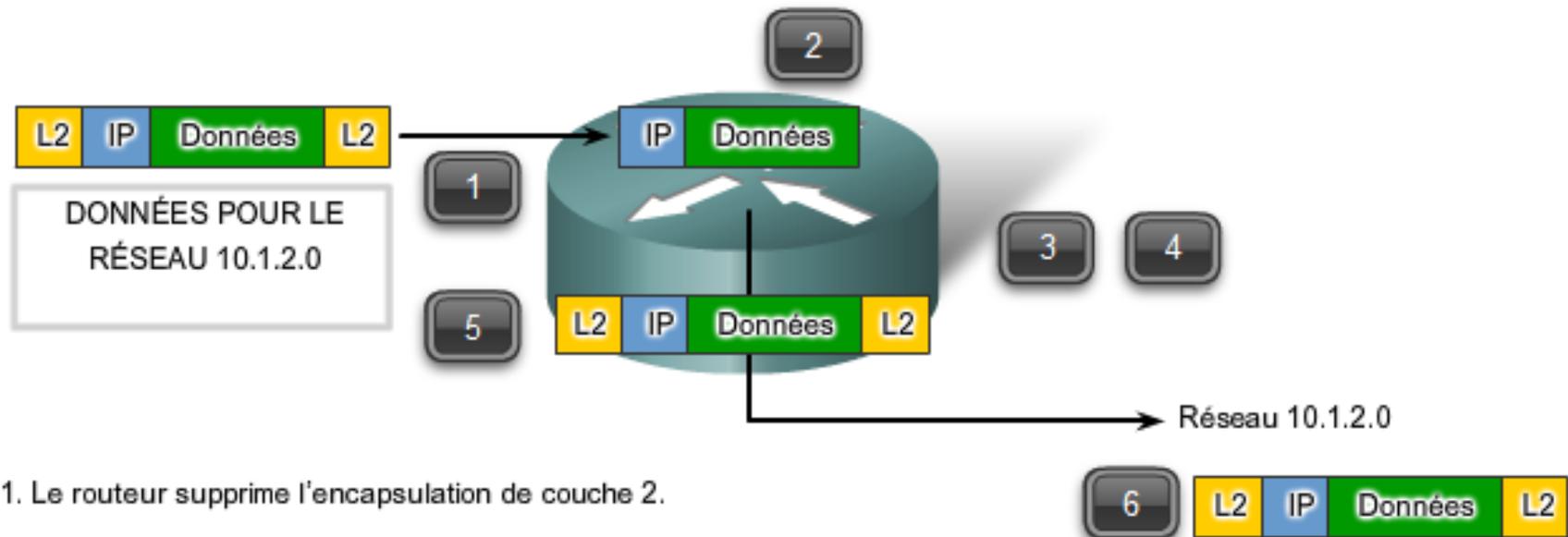
- Le tronçon suivant est l'adresse du périphérique qui va ensuite traiter le paquet.
- Pour un hôte sur un réseau, l'adresse de la passerelle par défaut est le tronçon suivant pour tous les paquets destinés à un autre réseau.

```
10.0.0.0/24 is subnetted, 2 subnets
R   10.1.1.0 [120/1] via 192.168.2.2, 00:00:08, FastEthernet0/0
R   10.1.2.0 [120/1] via 192.168.2.2, 00:00:08, FastEthernet0/0
C 192.168.2.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
```

Adresse du tronçon suivant

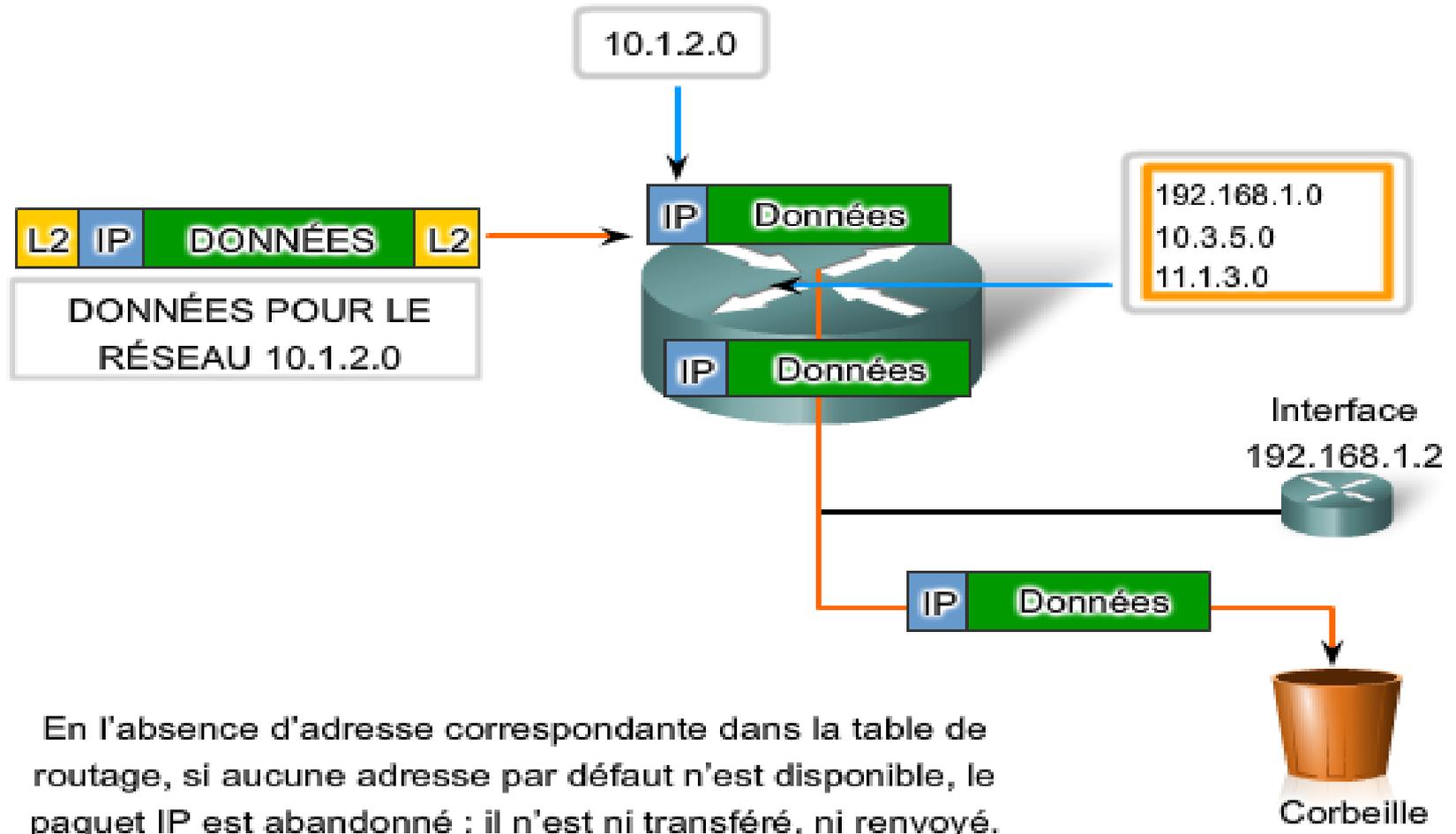
- Dans la table de routage d'un routeur, chaque route répertorie un tronçon suivant pour chaque adresse de destination englobée par la route.
- À l'arrivée de chaque paquet sur un routeur, l'adresse de réseau de destination est examinée et comparée aux routes de la table de routage.
- Si une route correspondante est déterminée, l'adresse de tronçon suivant pour cette route est utilisée pour transférer le paquet vers sa destination.
- Le routeur de tronçon suivant est la passerelle vers des réseaux au-delà de cette destination intermédiaire.
- Les réseaux directement connectés à un routeur n'ont pas d'adresse de tronçon suivant car il n'y a aucun périphérique de couche 3 intermédiaire entre le routeur et ce réseau.
- Certaines routes peuvent avoir plusieurs tronçons suivants.
- Ceci indique la présence de plusieurs chemins vers le même réseau de destination.

Transfert de paquet : avancement du paquet vers sa destination



1. Le routeur supprime l'encapsulation de couche 2.
2. Le routeur extrait l'adresse IP de destination.
3. Le routeur recherche une correspondance dans la table de routage.
4. Le réseau 10.1.2.0 est trouvé dans la table de routage.
5. Le routeur ré-encapsule le paquet.
6. Le paquet est envoyé au réseau 10.1.2.0.

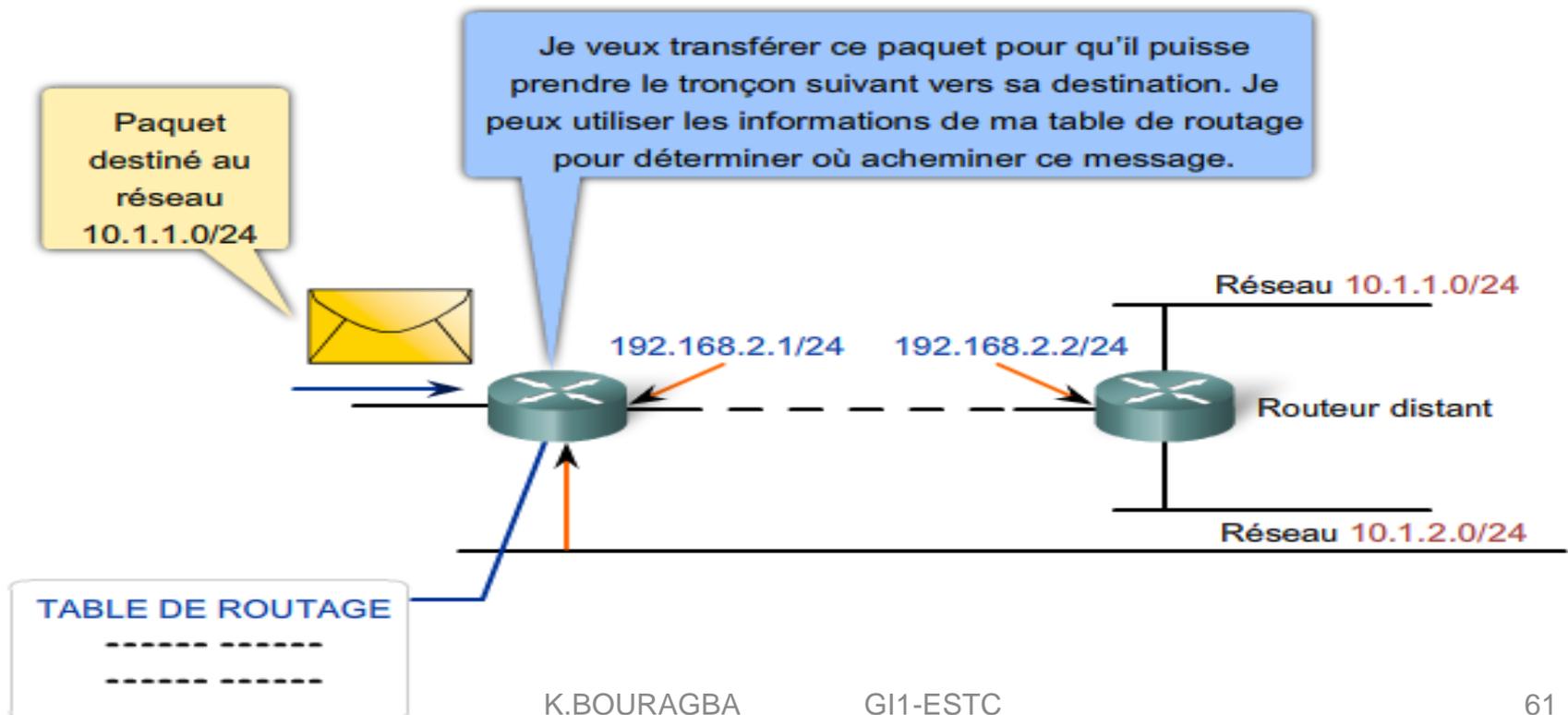
Transfert de paquet : aucune route correspondante, ni route par défaut



En l'absence d'adresse correspondante dans la table de routage, si aucune adresse par défaut n'est disponible, le paquet IP est abandonné : il n'est ni transféré, ni renvoyé.

Table de routage

- Le routage exige que chaque saut, ou routeur, le long du chemin vers la destination d'un paquet dispose d'une route pour transférer le paquet.
- Sinon, le paquet est abandonné au niveau de ce saut.

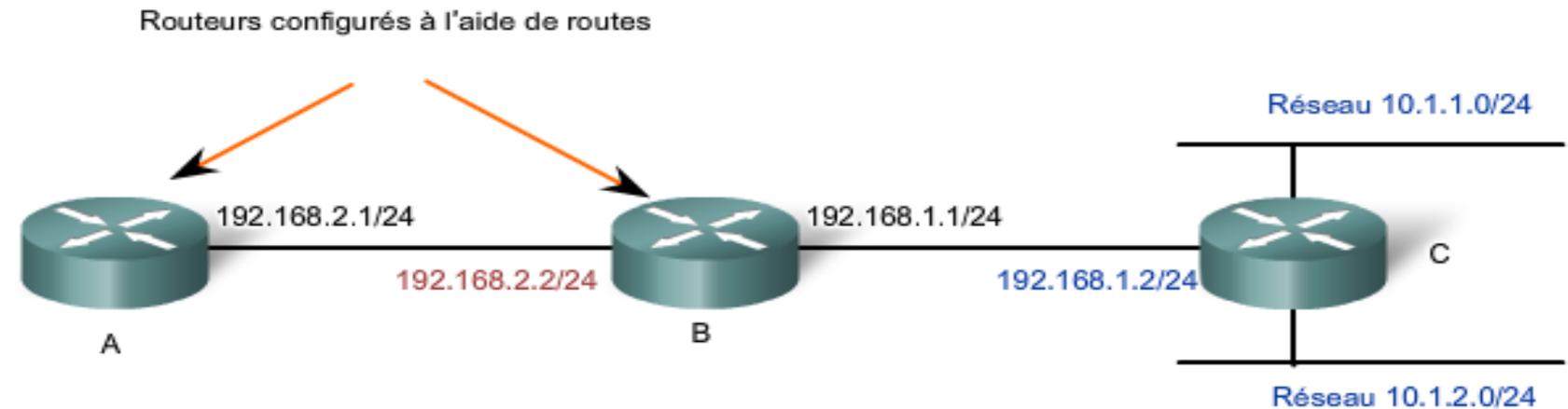


Mises à jour des tables de routages

- Une fois les interfaces d'un routeur configurées et opérationnelles, le réseau associé à chaque interface est installé dans la table de routage comme route directement connectée.
- Les informations de route peuvent être configurées manuellement sur le routeur ou mémorisées de manière dynamique à partir d'autres routeurs du même interréseau.

Routage statique

- Des routes vers des réseaux distants avec les tronçons suivants associés peuvent être configurées manuellement sur le routeur.
- On parle alors de routage statique.
- Une route par défaut peut également être configurée de manière statique.



Routeur A:

192.168.2.2/24 configuré manuellement en guise de tronçon suivant pour les réseaux 10.1.1.0/24 et 10.1.2.0/24

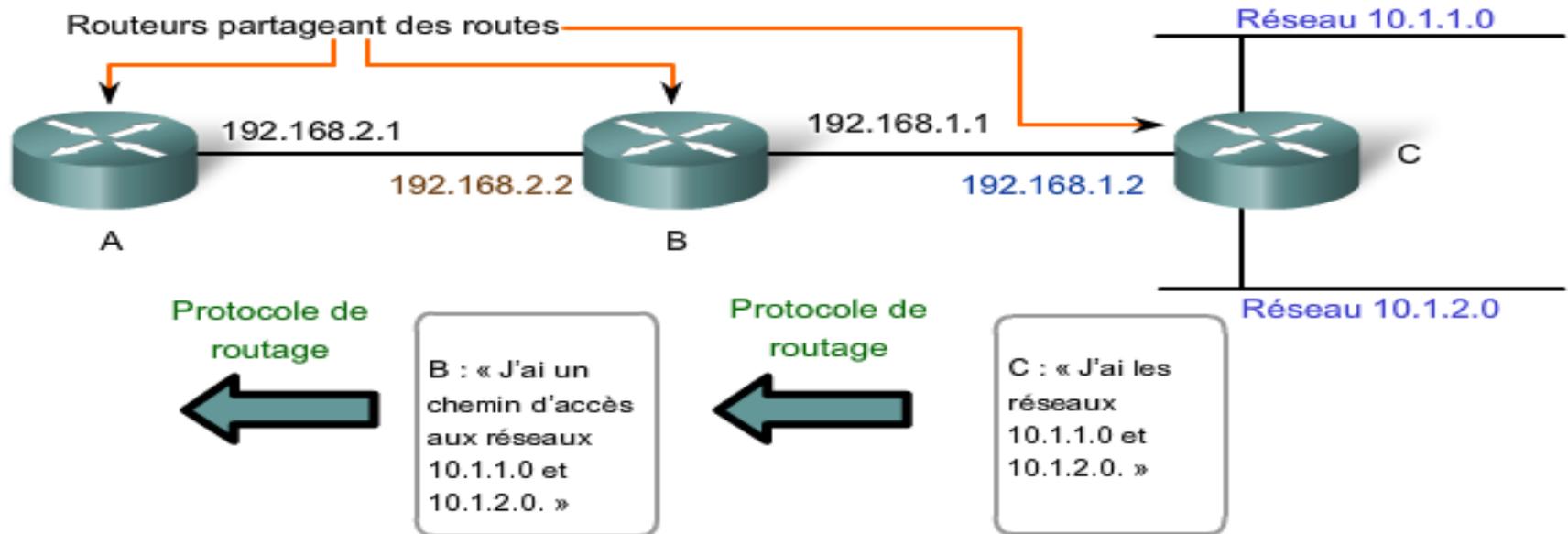
Routeur B:

192.168.1.2/24 configuré manuellement en guise de tronçon suivant pour les réseaux 10.1.1.0/24 et 10.1.2.0/24

Routage dynamique

- La mise à jour de la table de routage par configuration statique manuelle n'est pas toujours faisable.
- Des protocoles de routage dynamique sont par conséquent utilisés.
- Les protocoles de routage constituent l'ensemble de règles suivant lesquelles les routeurs partagent leurs informations de routage de manière dynamique.
- À mesure que les routeurs prennent conscience de changements sur les réseaux pour lesquels ils servent de passerelle, ou de modifications de liens entre les routeurs, ces informations sont transmises aux autres routeurs.
- Quand un routeur reçoit des informations sur des routes nouvelles ou modifiées, il met à jour sa propre table de routage et, à son tour, transmet ces informations aux autres routeurs.
- Les protocoles de routage courants sont :
 - RIP (Routing Information Protocol)
 - EIGRP (Enhanced Interior Gateway Routing Protocol)
 - OSPF (Open Shortest Path First)

Routage dynamique



Le routeur B découvre de manière dynamique les réseaux du routeur C.

Le tronçon suivant du routeur B vers 10.1.1.0 et 10.1.2.0 est **192.168.1.2** (Routeur C).

Le routeur A découvre de manière dynamique les réseaux du routeur C à partir du routeur B.

Le tronçon suivant du routeur A vers 10.1.1.0 et 10.1.2.0 est **192.168.2.2** (Routeur B).