

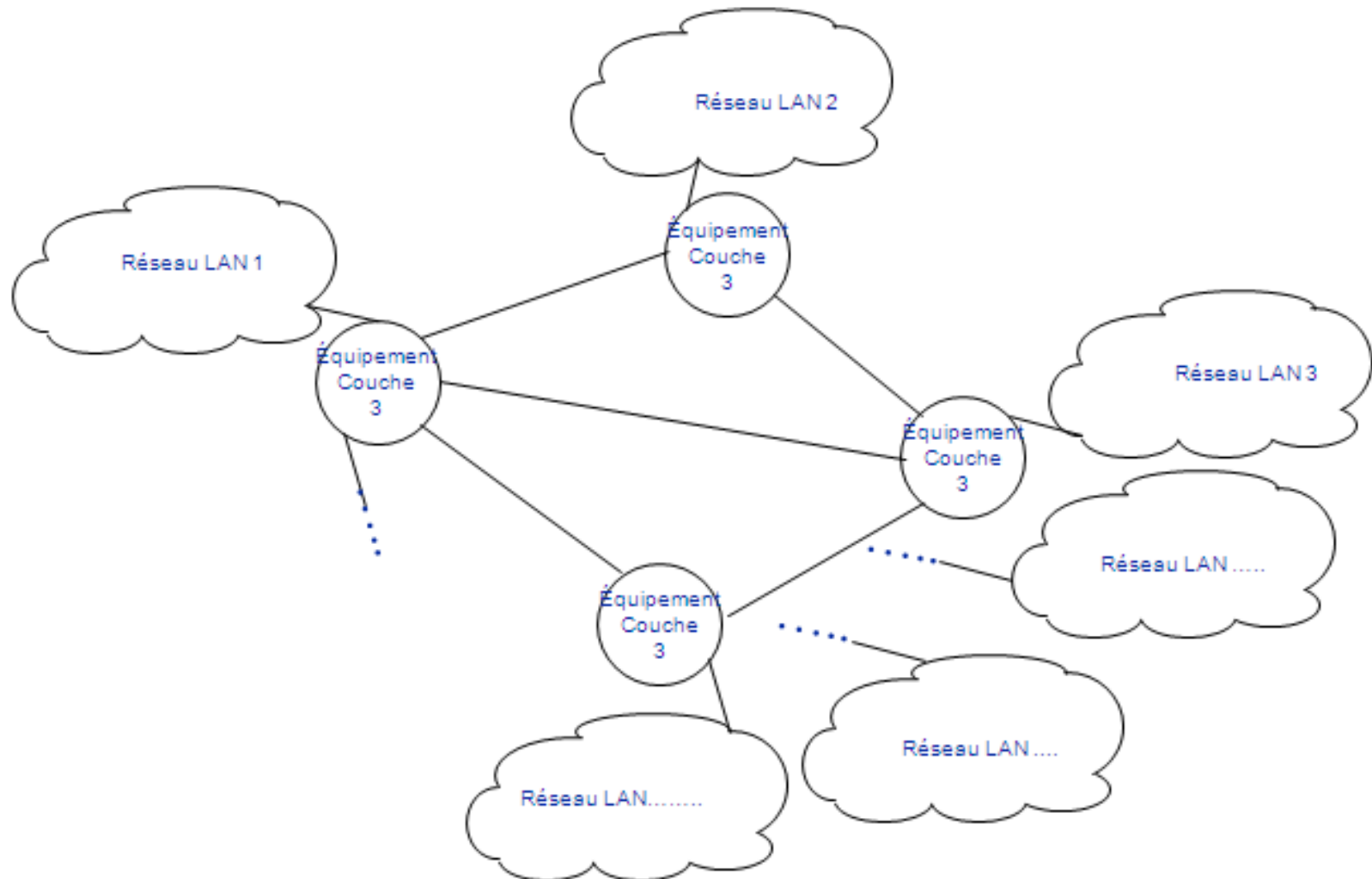
**Module: Réseaux**

**Cours N° 6 :**

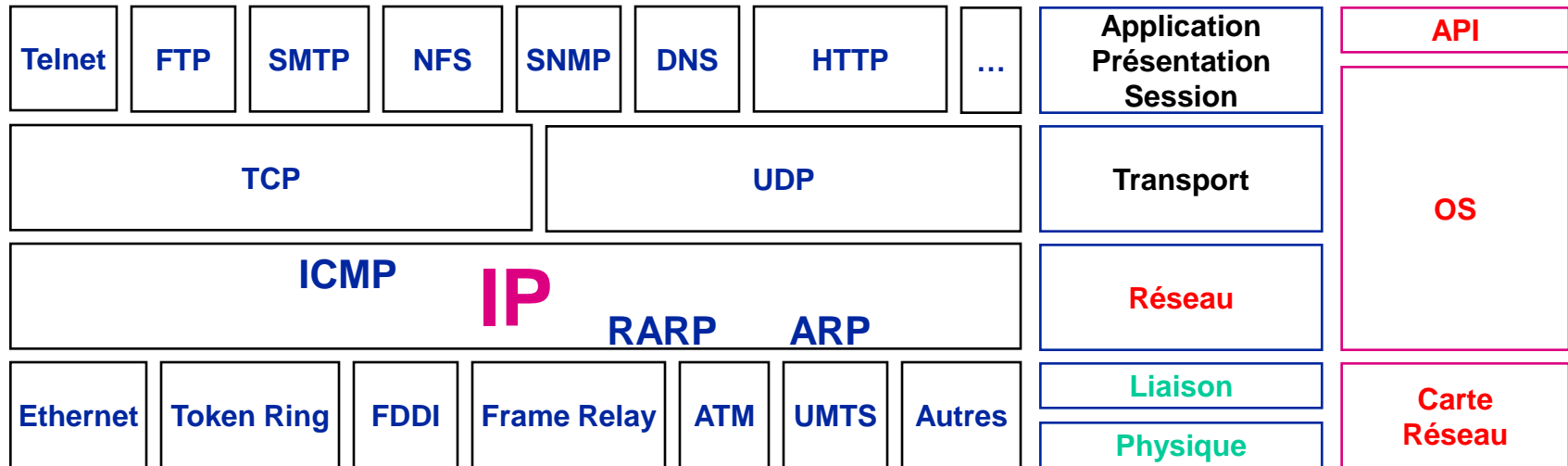
**La couche réseau et les inter-réseaux**

# inter-réseaux (Internet)

**Internet: Un ensemble de réseaux locaux interconnectés à l'aide des équipements de la couche réseau (routeur)**



# La couche réseau, ses protocoles et sa existence



le protocole **IP** c'est une

- Interface commune pour différents réseaux locaux (**Ethernet, Token Ring,..etc.**)
- Interface unique pour différents protocoles supérieurs (**TCP, UDP**)

**IP** c'est le protocole le plus dominant de la couche réseau.

# Rôle de la couche réseau = But du sixième cours

---

- **Gestion des adresse logiques IP des machines (Adressage)**
- **Acheminement de paquets de la source au destinataire (Routage)**
- **Définition du format du paquet IP qui est l'unité de base des données circulant sur Internet**
- **Adaptation entre les déferents réseaux locaux sous-jacents via la fragmentation et réassemblage du protocole IP**

# Pourquoi l'@IP ?

---

Chaque machine connectée à un réseau possède une adresse physique de 48 bits : **l'adresse MAC**.

la communication sur un réseau ne se fait pas directement à partir de ce numéro car cette adresse n'est pas hiérarchique.

→ c'est à dire, on ne peut pas déterminer l'appartenance d'une machine à un réseau local à partir de cette adresse.

→ Pour cela on utilise une adresse hiérarchique dite logique : **l'adresse IP**.

# L'essentiel du protocole IP

---

Le protocole IP encapsule les messages reçus du niveau transport dans des unités appelées paquets IP.

Le protocole IP traite également les paquets reçus du réseau local.

**Si** une machine s'aperçoit qu'elle est la destinataire finale du paquet IP reçu du réseau local, le protocole IP de cette machine transmet le paquet au niveau transport.

**Sinon** ce protocole IP retransmet ce paquet sur un autre réseau local grâce à sa table de routage et l'adresse destination IP de ce paquet.

# L'identification de l'adresse IP

---

Une adresse IP d'une machine se compose de deux parties (deux niveaux).

La première partie **identifie** le réseau local sur lequel l'adresse IP se trouve.

La seconde partie **identifie** la machine sur ce réseau.

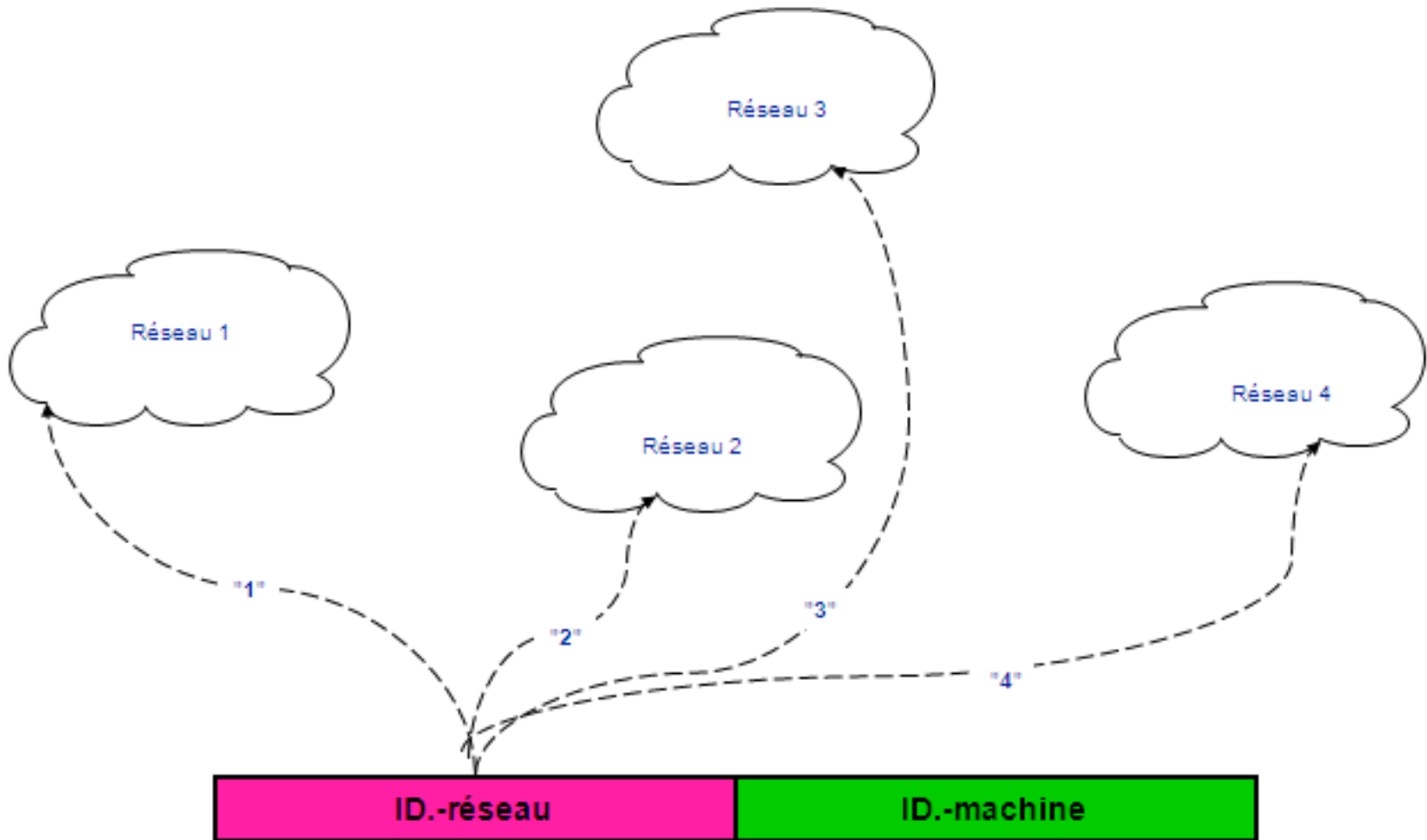
Chaque interface (carte) réseau possède une adresse IP unique.

Une machine connectée à « **n** » réseaux (le routeur) aura donc « **n** » adresses IP distinctes, une pour chaque interface réseau.

Il est judicieux de dire l'adresse IP d'une interface réseau du routeur que l'adresse IP d'un routeur.

# Les deux niveaux de l'adresse IP

---

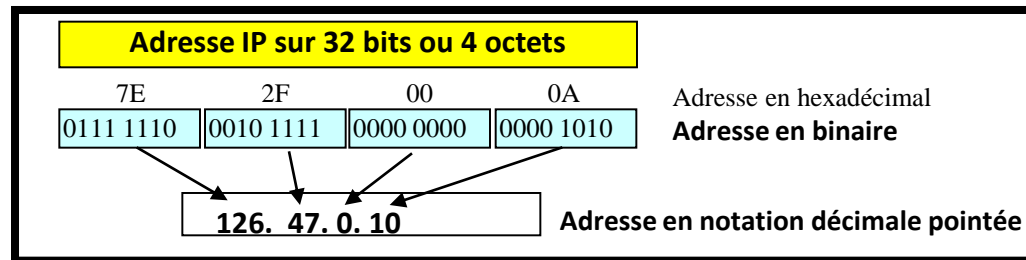




# La représentation de l'adresse IP

une adresse IP est une adresse 32 bits notée généralement sous forme de 4 nombres décimaux séparés par un point. On distingue ainsi deux parties dans l'adresse IP d'une machine :

- Une partie désignant le réseau (on l'appelle « net-ID »)
- Une partie désignant les machines (on l'appelle « host-ID »)



Exemple d'une adresses IP

|           |           |           |           |           |           |           |           |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| $2^{(7)}$ | $2^{(6)}$ | $2^{(5)}$ | $2^{(4)}$ | $2^{(3)}$ | $2^{(2)}$ | $2^{(1)}$ | $2^{(0)}$ |
| 128       | 64        | 32        | 16        | 8         | 4         | 2         | 1         |

# Les classes d'adresses IP: il existe 5 classes

---

Selon la valeur du premier octet représentant l'adresse IP, il est facile de déterminer la classe utilisée. Dans ce qui suit:

L'identificateur de réseau est noté par **N**

L'identificateur de la machine est noté par **H**

## Classe A:

$N1.H1.H2.H3$



Exemple:  $125.14.28.32$

$N1 = 0$  à  $127$  : le nombre des réseaux possible : 126

Nombre de machines dans chaque réseau est 16777 214

## Classe B:

$N1. N2.H1.H2$



Exemple:  $160. 60.18.122$

$N1 = 128$  à  $191$  : le nombre des réseaux possible : 16 383

Nombre de machines dans chaque réseau est 65 534

# Les classes d'adresses IP

---

## Classe C:

N1. N2. N3.H1



Exemple: 200. 120.212.22

N1 = 192 à 223 : le nombre des réseaux possible : 2 097 151

Nombre de machines dans chaque réseau est 254

## Classe D:

X.Y.Z.T



X = 224 à 239

Exemple: 230. 230. 230. 230

Il existe  $2^{28}$  adresses de groupes des machines (les @multicast):  
(224.0.0.0 à 239.255.255.255)

## Classe E:

X.Y.Z.T



X = 240 à 247

# Les types des adresses IP

---

On peut classer les @IP selon sa portée et sa désignation  
**selon sa désignation, on peut distinguer les trois types:**

@ *Unicast* : Adresse permettant l'adressage d'une seule machine.

@ *Multicast* : Adresse permettant l'adressage d'un groupe de machines.

@ *Broadcast* : Adresse permettant l'adressage de toutes les machines d'un réseau.

**selon sa portée, on peut distinguer les deux types:**

@*Privée*: c' est une @ non routable (locale) qui doit être distinct d'une machine à une autre seulement dans le même réseau local :

10.0.0.0 à 10.255.255.255      les @IP du **réseau de classe A** «net-ID =10»

172.16.0.0 à 172.16.255.255      les @IP des **16 réseaux de classe B**

192.168.0.0 à 192.168.255.255      les @IP des **256 réseaux de classe C**

Les adresses IP restantes sont des *adresses publiques (globales)* qui doivent être distincts d'une machine à une autre dans le monde.

# Les @ IP réservées

---

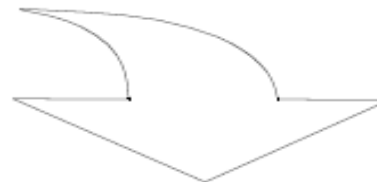
- **Tous les bits de l'ID.-réseau sont à 0**
  - interprétée comme cette machine sur le réseau. Ex.: 0.0.201.12
- **Le premier octet de l'adresse IP = 127**
  - utilisé comme @ de rebouclage (tester la couche IP). Ex: 127.0.0.1
- **Tous les bits de l'ID.-machine sont à 0**
  - adresse de réseau. Ex.: 196.125.25.0
- **Tous les bits de l'ID.-machine sont à 1**
  - interprétée comme toutes les machines du réseau.
  - Ex.: 196.125.25.255 (diffusion dirigée vers le réseau 196.125.25.0)
- **Tous les bits de l'@ IP sont à 0**
  - utilisée dans la table de routage pour désigner **la route par défaut** et aussi par une machine sans disque dur de stockage qui cherche à connaître sa propre @IP lors de son démarrage . Forme: 0.0.0.0
- **Tous les bits de l'@ IP sont à 1**
  - interprétée comme toutes les machines du réseau d'attachement.
  - Forme: 255.255.255.255 (diffusion limitée sur le réseau où on se trouve )

# Masque de réseau (netmask)

- Le masque a le but d'indiquer quels sont les bits utilisés pour décrire la partie réseau
- Plusieurs représentations:
  - notation décimale à point: 255.255.255.192
  - binaire: 11111111 11111111 11111111 11000000
  - nombre de bits à 1: /26
- L'opération binaire AND de l'adresse IP (32 bits) avec le netmask donne la partie réseau de l'adresse. Les bits de l'@IP qui correspondent aux bits nuls de masque représentent « host-ID ».

Adresses IP : 192.44.77.79

NetMask : 255.255.255.192



1100 0000.0010 1100.0100 1101.0100 1111  
1111 1111.1111 1111.1111 1111.1100 0000



réseau

machine



1100 0000.0010 1100.0100 1101.0100 0000  
192.44.77.64

1111  
15

# Les sous-réseaux

---

Dans un réseau important, le nombre de machines du réseau pose le problème des collisions.

Solution:il est possible de subdiviser ce dernier en plusieurs sous réseaux par une introduction d'un troisième niveau d'adressage

## Avantages:

trafic réduit dans le réseau (diffusion restreinte), donc optimisation des performances du réseau

## Inconvénient:

il y a une perte d'adresses quand on utilise le mécanisme de création de sous réseaux

# Le principe de création des sous réseaux

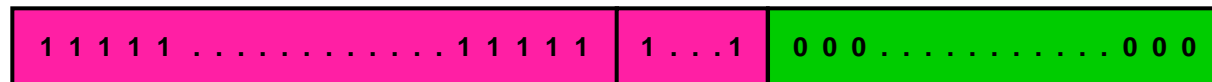
---

en découpant la partie réservée à l'adresse des machines sur un réseau en deux parties dont la première sera un identificateur de sous-réseau sur le réseau et la deuxième devient un identificateur d'une machine sur un sous réseau.

Adresses de  
sous-réseaux



Masque des sous  
réseaux



- Division du réseau classe B en  $128 = 2^7$  sous-réseaux
- Chaque sous-réseau comprend jusqu'à  $(2^9 - 2)$  stations



# Routage IP : c 'est quoi ?

---

Le routage IP consiste en un processus qui permet de trouver un chemin pour que le paquet issu d'une machine M1 puisse atteindre une machine destinataire M2.

## Processus :

si (@IP-réseau-source = @IP-réseau-destination)

alors routage direct

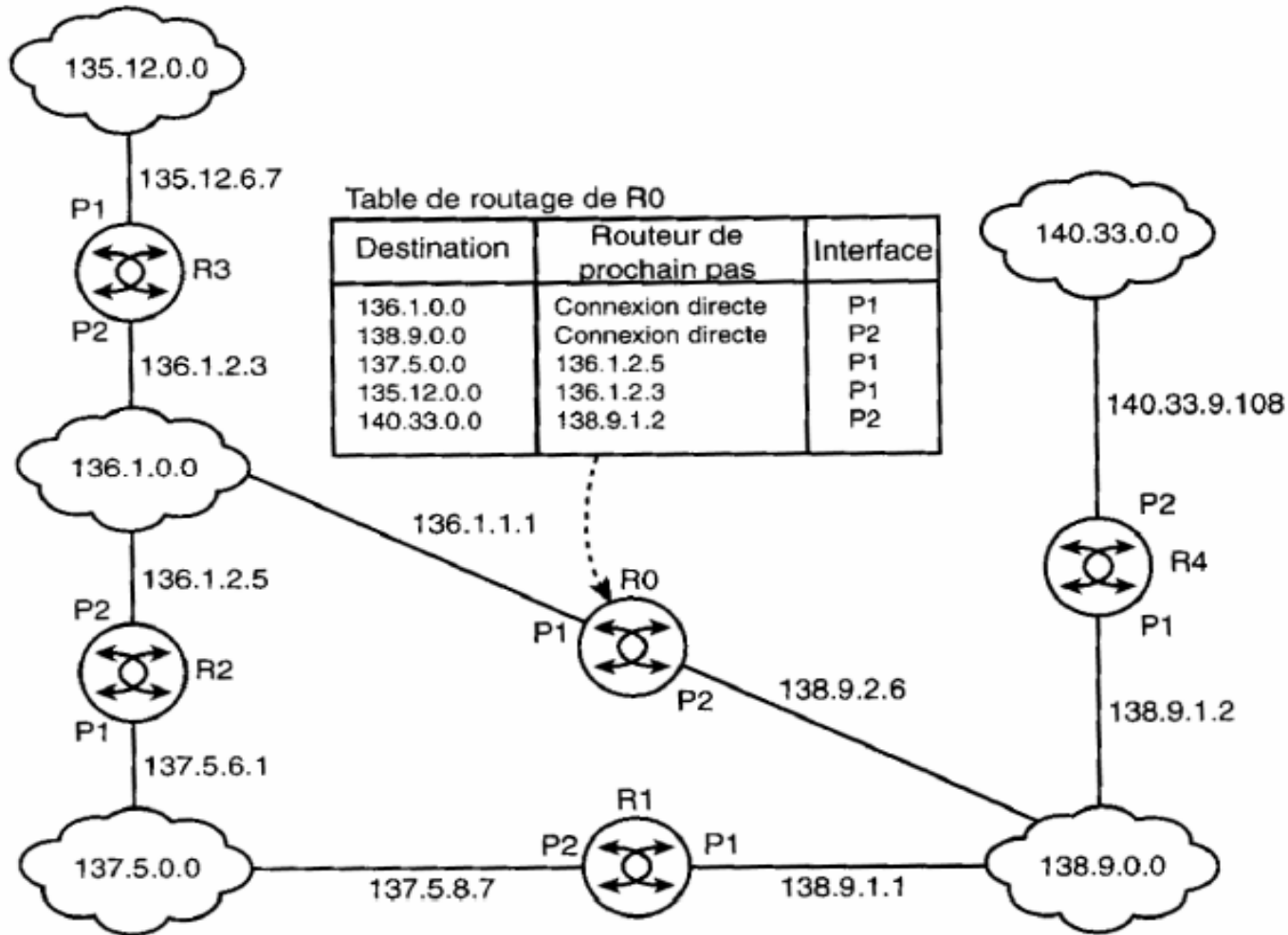
sinon passer par le routeur requis (routage indirect ).

ce processus a besoin d'utiliser:

*la table de routage* (N, R,I), avec N: *l'@ IP du réseau local de destination*, R: *l'@ IP du routeur* et I : *l'@ IP de la carte réseau* qui nous mène au réseau local N et *la table ARP* de correspondance des @IP avec leurs @MAC des machines situées sur le même réseau local.

le protocole IP de la machine émettrice E récupère cette correspondance pour passer l'adresse MAC de sa machine réceptrice R et son paquet IP à sa couche liaison.

## Exemple de table de routage du routeur R0



# Le routage direct

---

Dans ce cas, la machine source E constate grâce à sa table de routage que la machine destination D appartient au même réseau local (« D » est accessible directement par une interface réseau)

, donc

- ↪ La machine E récupère l'@ MAC de D à partir de sa table ARP
- 1. Ensuite, elle envoie le paquet d'information dans une trame avec:
  - l'@ MAC de E comme @MAC source
  - l'@ IP de E: comme @ IP source
  - l'@ MAC (déjà récupérée) de D: comme @MAC destination
  - l'@ IP de D: comme @ IP de destination

# Le routage indirect

---

Dans ce cas, la machine **source E** constate grâce à sa table de routage que la machine **destination D** n'appartient pas au même réseau local

(« D » n'est pas accessible directement, il faut un routeur et une interface réseau de sortie )

, donc

✧ La machine **E** récupère l'adresse MAC du **routeur** requis de sa table ARP

1. Ensuite, elle envoie le paquet d'information dans une trame avec:

- **l'@ MAC de E** comme **@MAC source**
- **l'@ IP de E:** comme **@ IP source**
- **l'@ MAC du routeur (récupérée déjà):** comme **@ MAC destination**
- **l'@ IP de D:** comme **@ IP de destination**

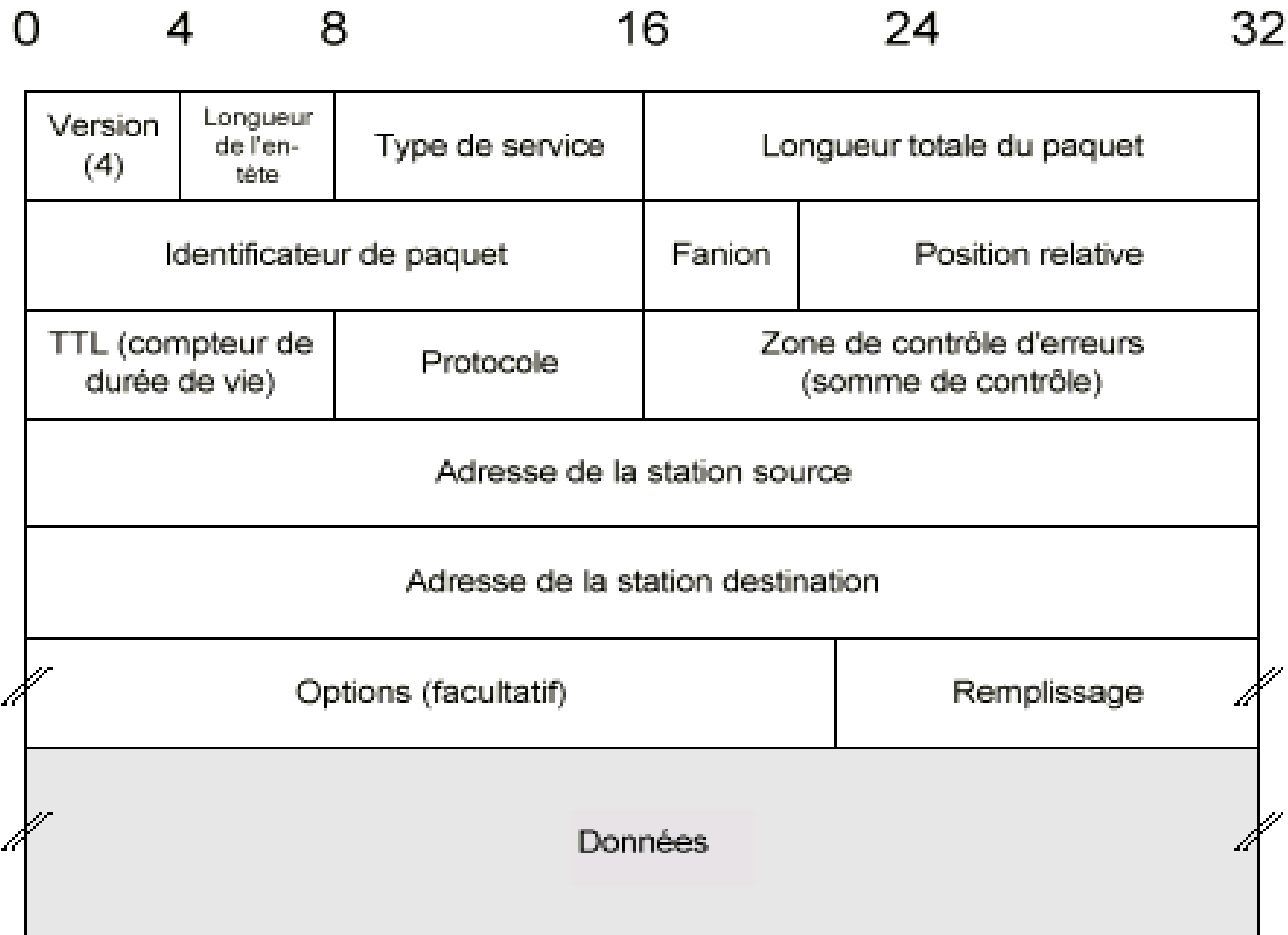
✂ le routeur devient maintenant comme une machine source, il fait les mêmes étapes du routage indirect, s'il y a ce routage. Sinon il termine cet acheminement par un routage direct.



**Remarque :** Au cours de routage, les @ip de source et destination sont toujours conservées.(elles sont gardées les mêmes)

# format du paquet IP

L'unité de transfert de base dans un réseau internet est le **paquet** (s'appelle aussi le datagramme) qui est constituée d'un en-tête et d'un champ de données.



# Signification des champs du datagramme IP

---

**VERSION** : numéro de version de protocole IP, version à étudier IPV4,(valeur = 4)

**Longueur de l'entête (HLEN)** : longueur de l'en-tête en mots de 32 bits, généralement elle est à égal à 5, s'il n'a pas d'options. la taille maximale est 60 octets.

**Type de service** : Indique la qualité de service qui lui a été accordée (par défaut = 0)

**Longueur totale du paquet** : longueur totale en octets du datagramme (en-tête + données).la taille complète d'un datagramme ne peut dépasser 65535 octets

**Identification du paquet** : indique le numéro du paquet émis par la couche réseau.

Le compteur compte de 0 à 65535, puis repasse à 0.

**Durée de vie (TTL)** : (par défaut = 64) Ce champ indique la durée de vie (le nb maximal de routeur à franchir par un datagramme sur l'internet). La machine qui émet le datagramme définit sa durée de vie. Les routeurs qui traitent le datagramme doivent décrémenter cette durée de vie de 1. Lorsque celle-ci expire par un routeur, le datagramme est détruit et un **message d'erreur** est renvoyé à l'émetteur.

**Protocole**: Ce champ identifie le protocole de niveau supérieur dont le message est véhiculé dans le champ données du datagramme (TCP → 6, UDP → 17,...)

**Somme de contrôle de l'en-tête** : Ce champ permet de détecter les erreurs survenant dans l'en-tête du datagramme, et par conséquent l'intégrité de l'en-tête. checksum est Calculé avec même manière mais sur tous les mot de 16 bits de l'en-tête IP.

# Signification des champs du datagramme IP

---

**Fanion (FLAGS)** : comporte 3 bits dont le premier est toujours 0 (Qualifier of paquet). Les 2 bits restants contrôlent la fragmentation :

bit **D**(on't Fragment) : indique que la fragmentation de datagramme n'est pas permise (si nécessaire, le datagramme sera détruit et un **message d'erreur** sera envoyé par le routeur concerné.)

bit **M**(ore) : prend 0 pour indiquer que c'est le dernier fragment du datagramme (ou c'est le seul datagramme). La valeur par défaut de Fanion est égal à (0)

**Position Relative (OFFSET)** : sert à rassembler les fragments du datagramme en indiquant le déplacement du fragment par rapport aux données contenues dans le datagramme initial. C'est un multiple de 8 octets. Chaque datagramme fragment a une structure identique à celle du datagramme initial, seul les champs FLAGS et OFFSET sont spécifiques.

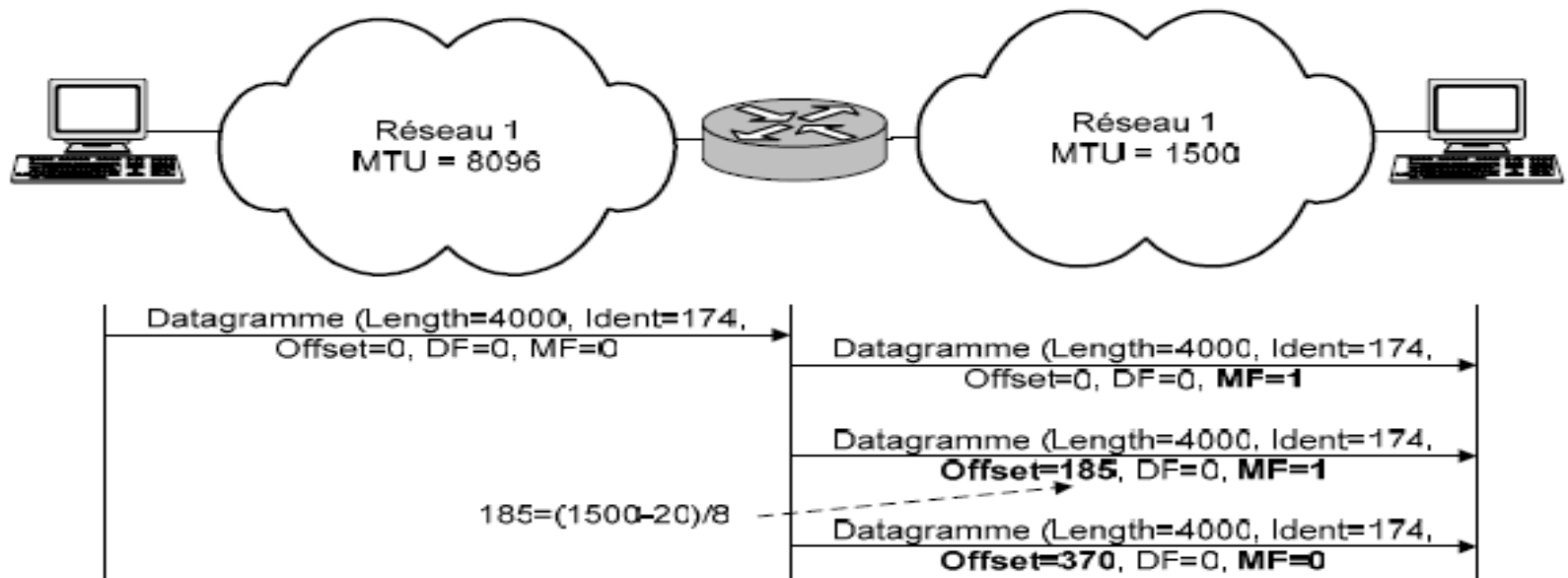
**OPTIONS** : Le champ OPTIONS est facultatif et de longueur variable. par exemple on peut mettre une option *Enregistrer le chemin utilisé, Marquage du temps de transit,..*

**Remplissage**: Des zéros sont ajoutés au champ des options pour s'assurer que l'en-tête IP est toujours un multiple de 32 bits.

# la fragmentation et réassemblage du protocole IP

Lorsque le datagramme est routé vers un réseau dont le MTU est plus petit que le MTU courant, le routeur fragmente le datagramme en un certain nombre de datagrammes fragments.

Le destinataire final reconstitue le datagramme initial à partir de l'ensemble des datagrammes fragments reçus; la taille max d'un datagramme fragment correspond au plus petit MTU emprunté sur le réseau. Si un seul des datagrammes fragments est perdu, le datagramme initial est considéré comme perdu.



- **Ident:** identificateur unique de datagramme
- **Offset:** en multiples de 8 octets
- **DF:** Don't Fragment bit (utilisé par la source)
- **MF:** More Fragments (indique le dernier fragment)



**FIN DU COURS**