

# **Architecture des Réseaux**

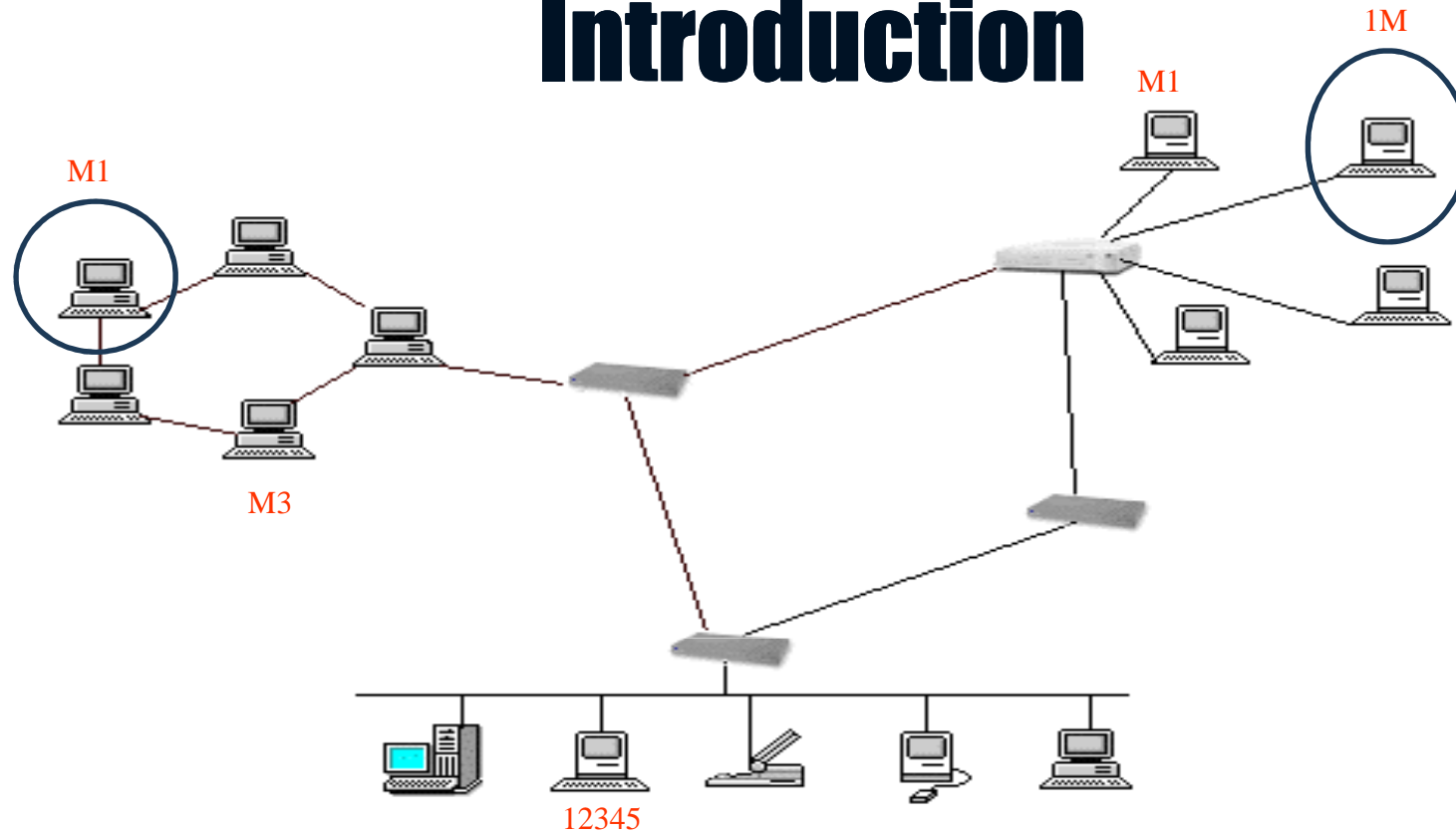
## **M2102**

### **Couches 3 et 4**

### **Routage et transport des données**

# **A - Introduction**

# Introduction

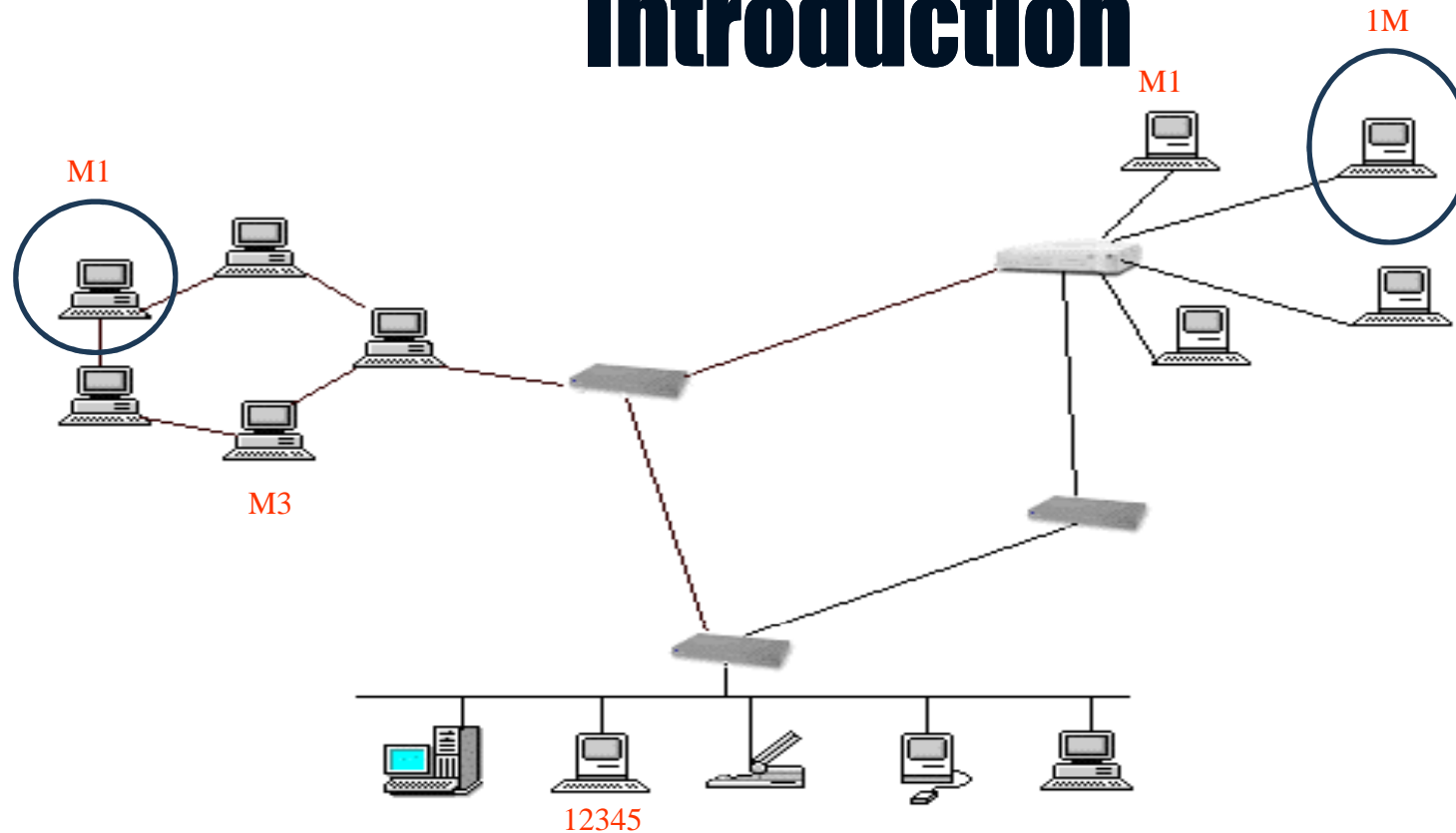


Lorsque l'on dispose d'un réseau local , il est possible et logique de le relier à d'autres réseaux existants, pour échanger des données.

On parle d'interconnexion de réseaux

(ou INTERconnection NETwork ou INTERNET)

# Introduction

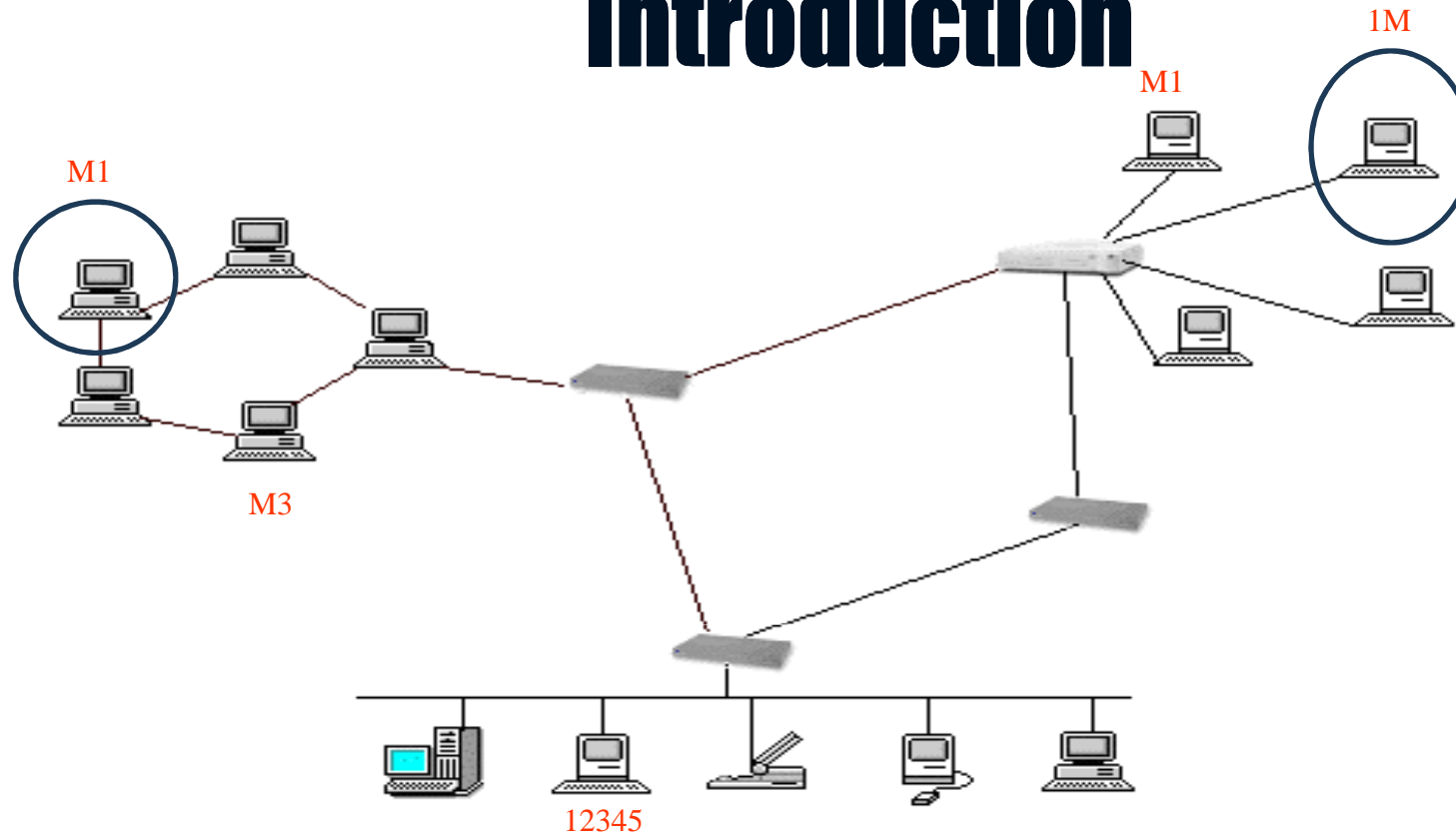


L'interconnexion pose certains problèmes : 1 - Adressage

→ identification sans ambiguïté d'une machine dans un grand réseau.

→ une machine doit être accessible aussi bien par des humains (nom) que par d'autres machines (code numérique) ???

# Introduction

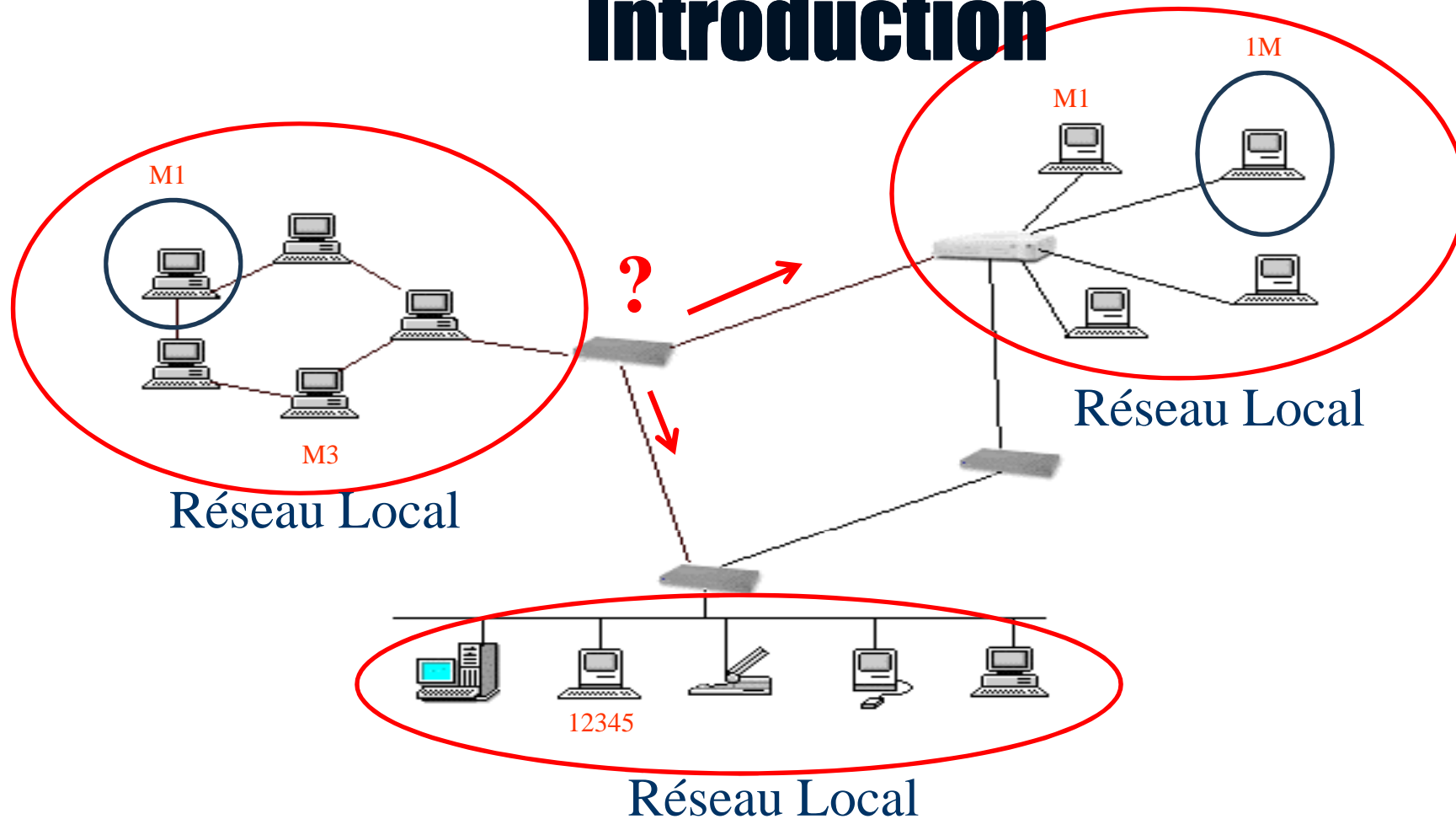


L'interconnexion pose certains problèmes : 1 - Adressage

→ L'adresse doit :

- prendre en charge un grand nombre de machines
- faciliter la localisation
- être gérée au niveau mondial

# Introduction



L'interconnexion pose certains problèmes : 2 - Routage

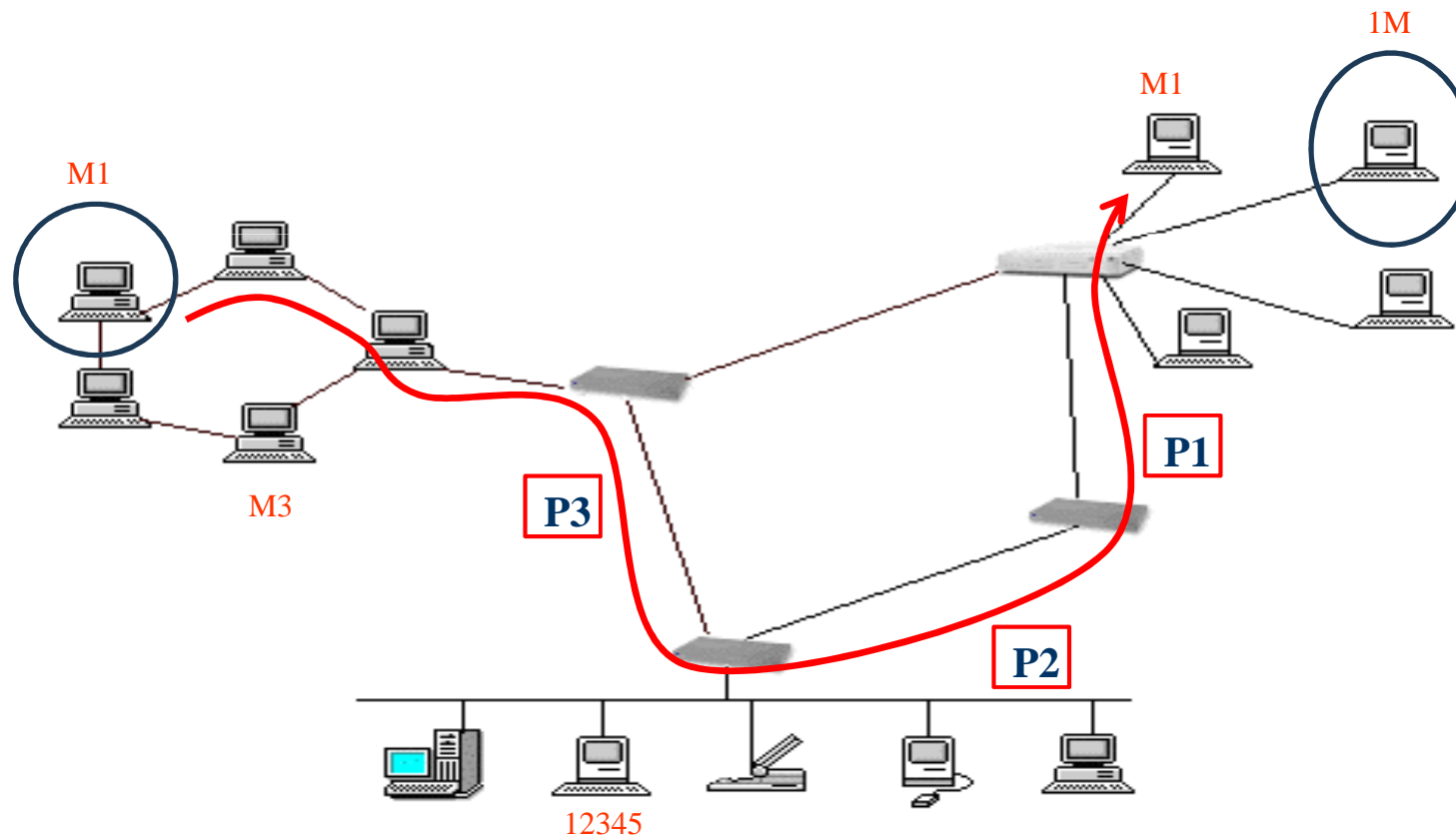
Quelle route choisir pour transmettre des données lorsqu'il y en a plusieurs possibles ???

→ **commutation ou de routage** = politique d'échange des données

# Introduction

## 1 - Commutation de circuits (Circuit Virtuel - Mode connecté)

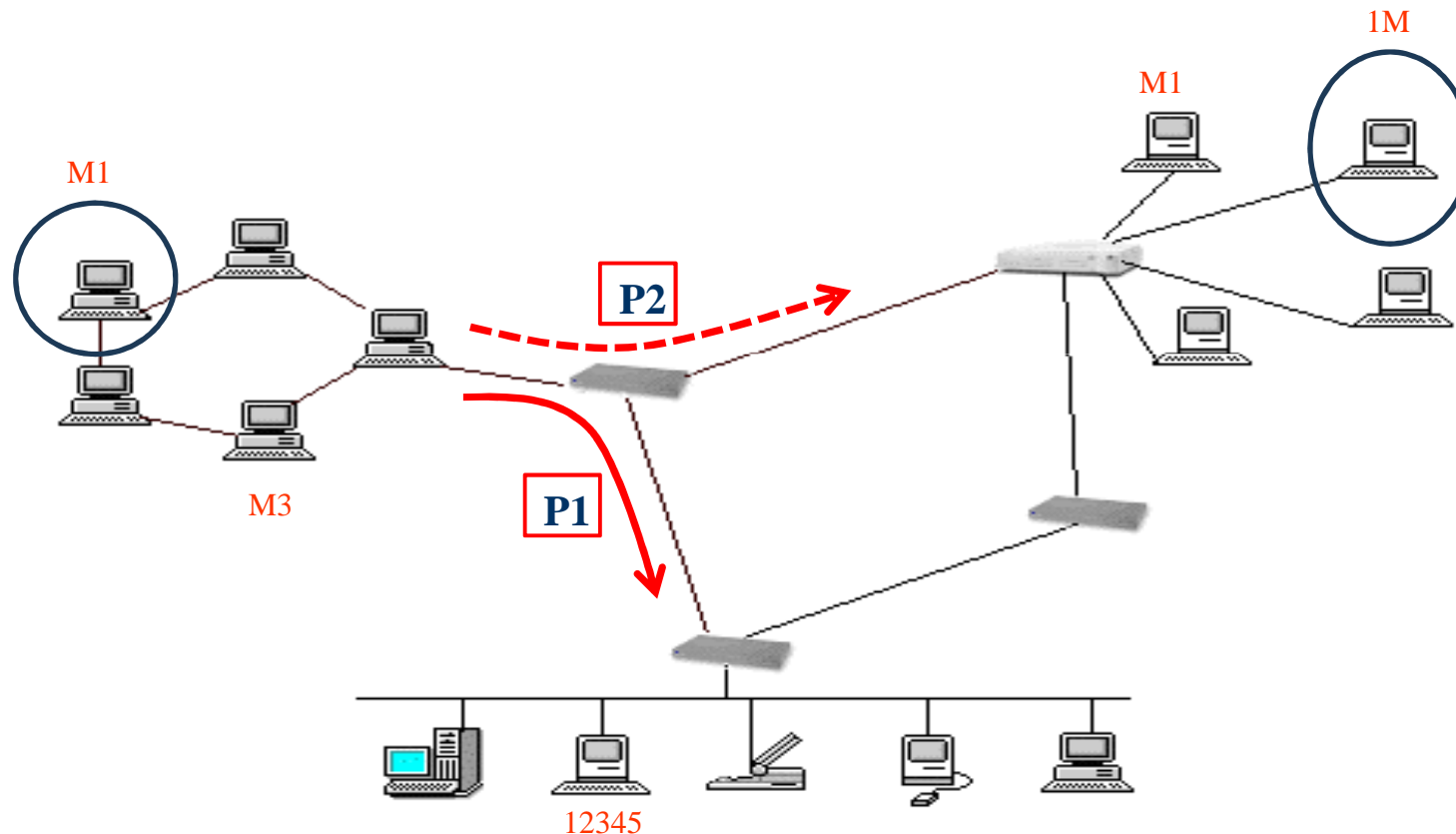
Création d'un chemin (virtuel) entre deux machines pour toute la durée de l'échange



# Introduction

## 2 - Commutation de données ou de paquets (Datagramme)

Affecter un chemin pour la durée de transfert d'un paquet

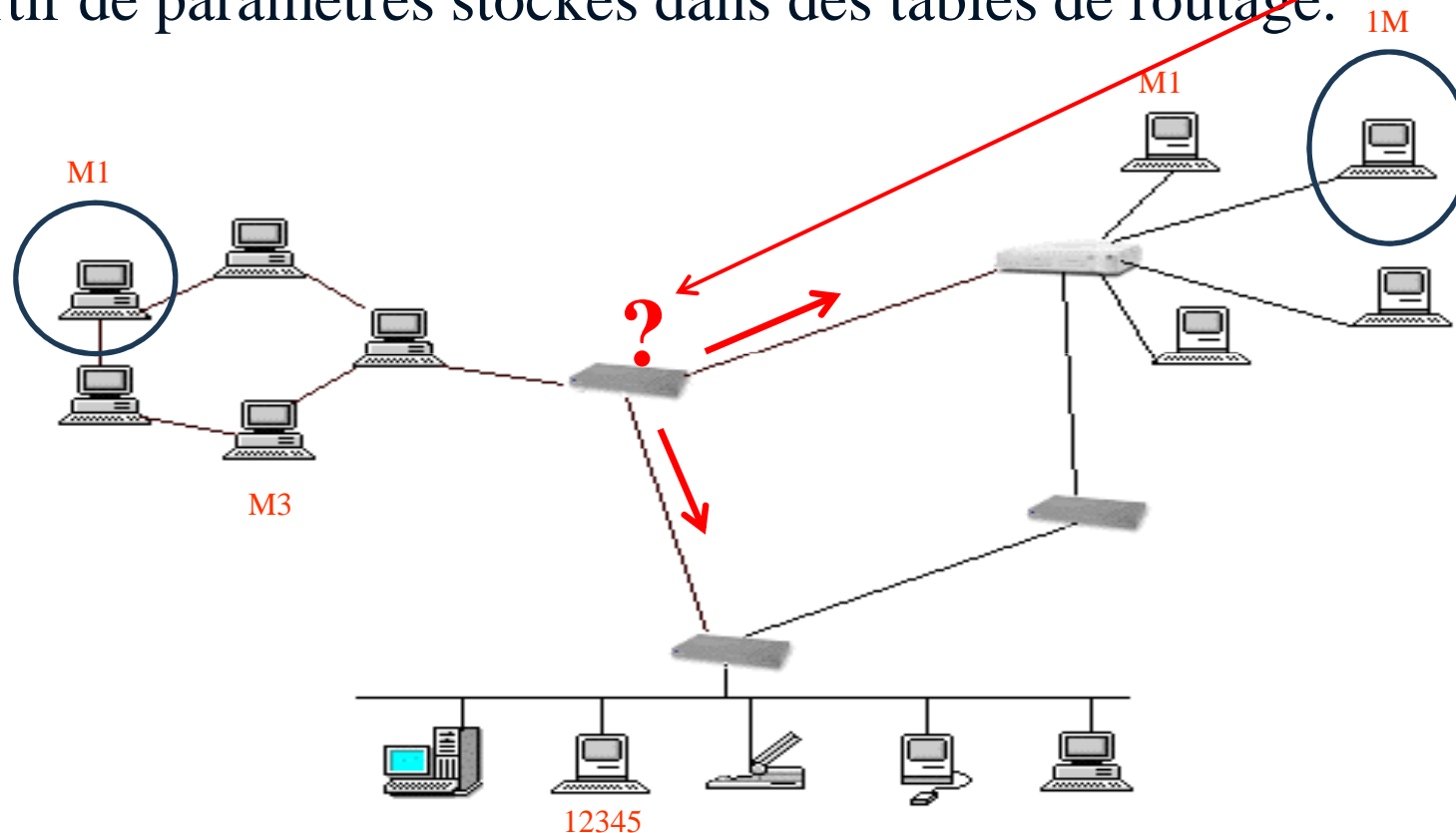


**Problème à traiter : Synchronisation des échanges**



# Introduction

Dans l'interconnexion de réseaux, l'élément essentiel est le **routeur**.  
Il réalise le choix du chemin en appliquant un algorithme particulier, à partir de paramètres stockés dans des tables de routage.



# Introduction

Il existe des routeurs adaptés à chaque besoin.



La box du particulier



Le routeur de petite entreprise



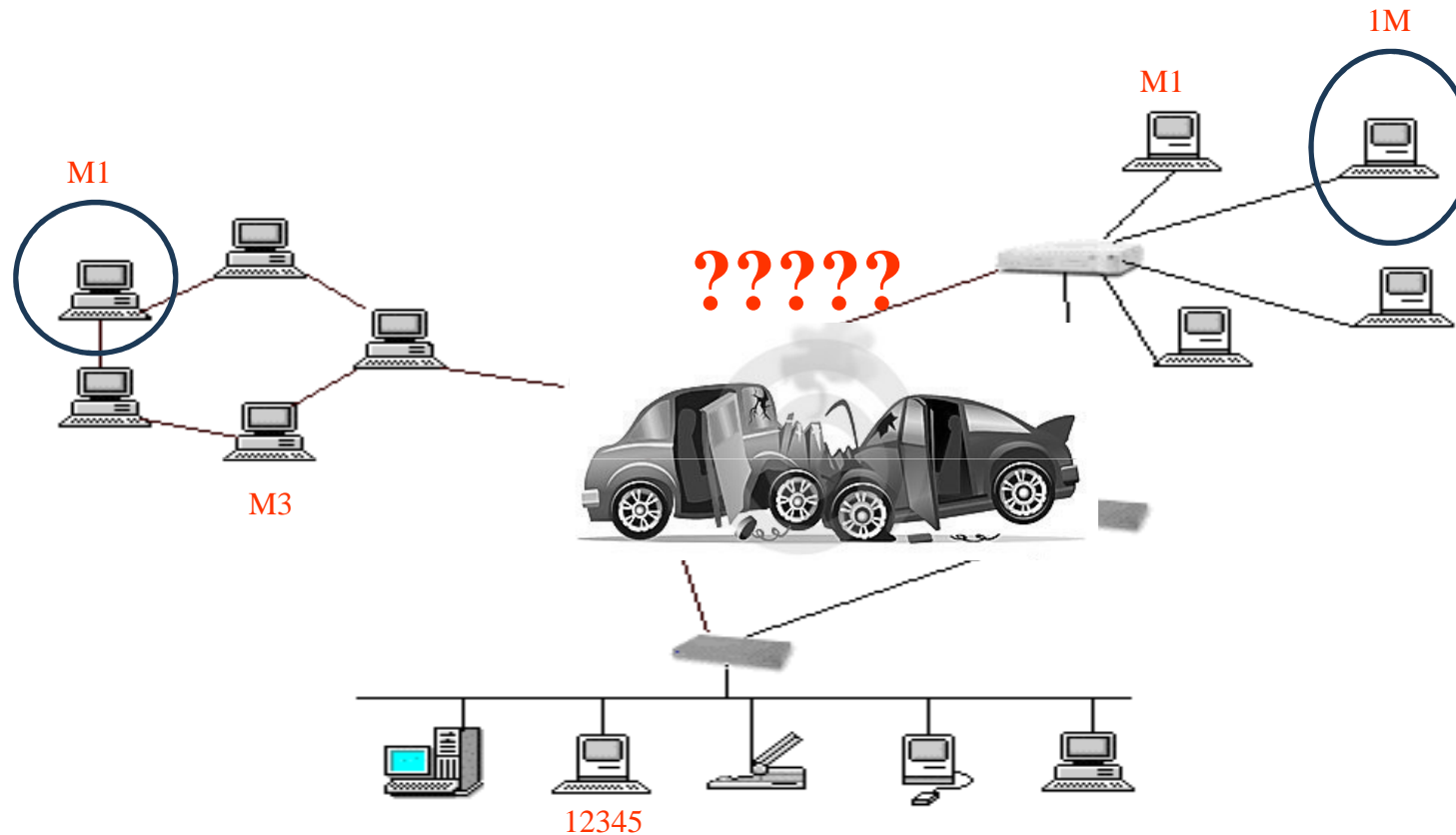
Le routeur d'établissement



Le routeur du fournisseur d'accès

# Introduction

L'interconnexion pose certains problèmes : 3 - Contrôle des échanges :



- Contrôle si les paquets arrivent ou pas
- Contrôle la charge du réseau
- Contrôle la disponibilité du matériel
- ...

# Introduction

Type de problème	Couche	Rôle	Norme
Echange entre processus	<b>7 Application</b>	Applications réseau	Http, Ftp, Ftam, X400
	<b>6 Présentation</b>	Format des données	ISO 8823, Nfs, Asn-1
	<b>5 Session</b>	Accès aux données	X225,
Fonctions de transport	<b>4 Transport</b>	Transport et contrôle de routage	X224, TCP, UDP
Techniques et algorithmes de routage	<b>3 Réseau</b>	Routage des paquets dans plusieurs réseaux	X25, IP, SNA, IPX,
Echange entre 2 machines	<b>2 Liaison</b>	Contrôle de l'échange entre deux machines	HDLC, LAP, BSC, IEEE 802.x
Matériel de connexion	<b>1 Physique</b>	Transmission de signaux binaires	X21, Vx, Ethernet, ....

Toutes les fonctions évoquées se situent dans les couches 3 et 4 du modèle OSI.

# **Introduction**

## **Différents protocoles**

Au fil des années plusieurs solutions ont été mises en œuvre :

Réseaux publics : X25

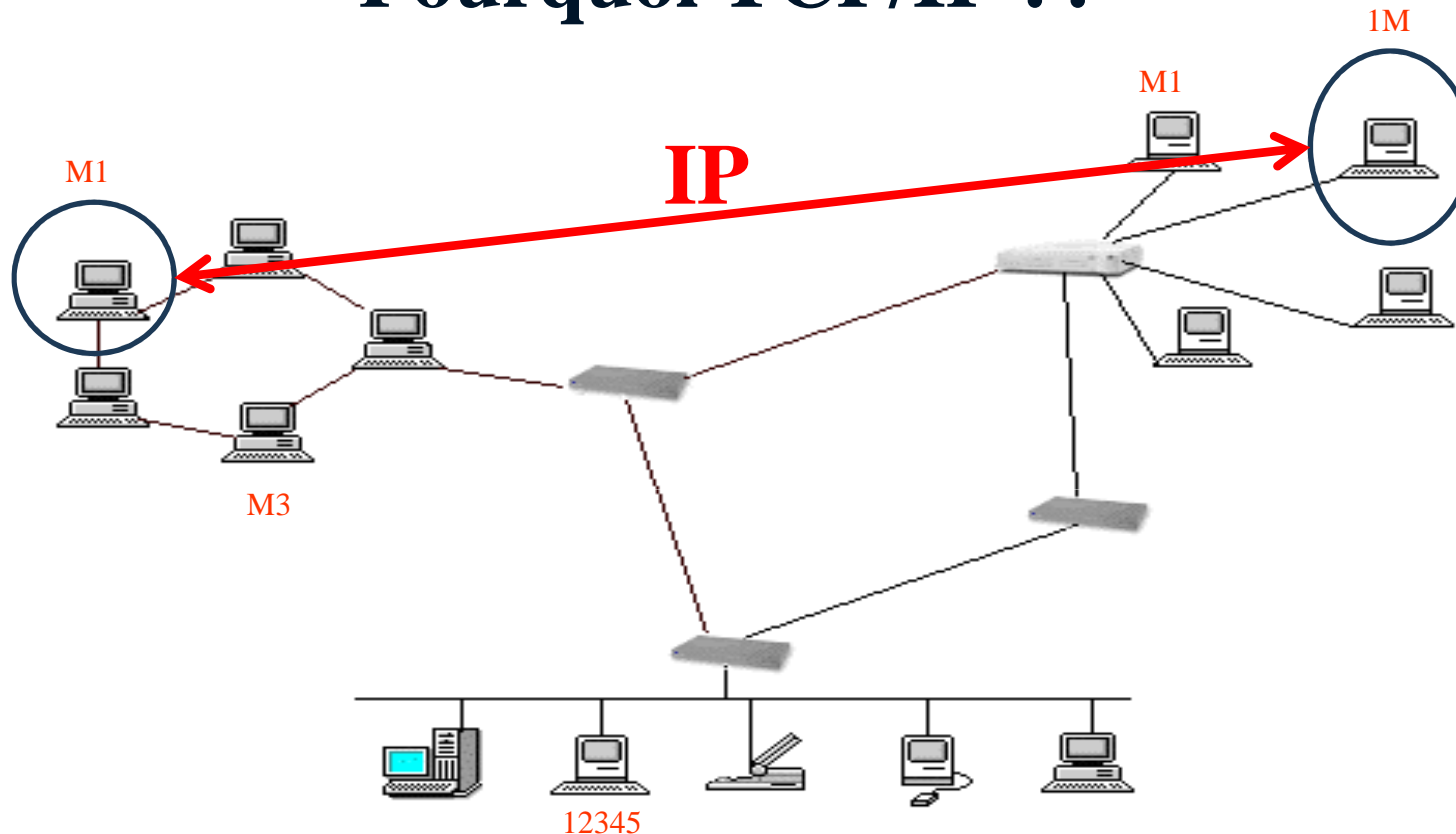
Réseaux Locaux : TCP/IP – UDP/IP  
IPX

Constructeurs : SNA

**TCP/IP et UDP/IP sont devenus « le standard des communications » .**

# Introduction

## Pourquoi TCP/IP ??

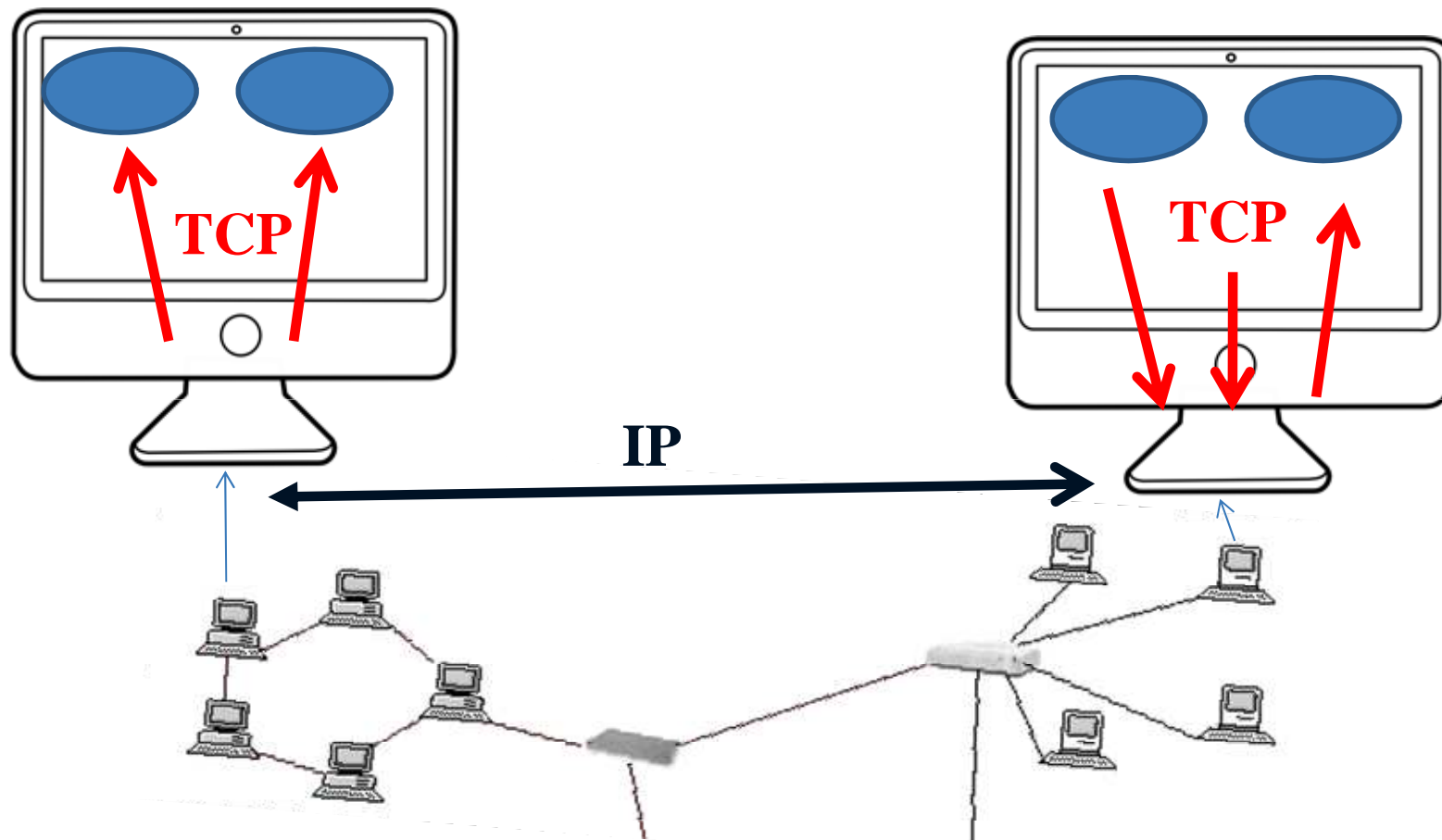


Le protocole IP (Interconnection Protocol) se charge du transfert des données entre deux machines.

**Son objectif = faire traverser le réseau aux paquets de données.**

# Introduction

## Pourquoi TCP/IP ??



Le protocole TCP (Transport Control Protocol) se charge :

- De contrôler le transfert des paquets IP
- De délivrer les paquets aux applications

# B - Protocole IP V.4



# Protocole IP V.4

IP est un protocole à commutation de paquets :  
service sans connexion (paquets traités indépendamment les uns des autres),

IP définit :

- une fonction d'adressage
- une fonction de routage,
- une structure pour le transfert des données (datagramme),

IP ne définit pas : de fonctions pour le contrôle des échanges

→ remise de paquets non garantie.

# Protocole IP V.4

## Adressage IP

☞ Une adresse = 32 bits dite "internet address" ou "IP address" constituée d'une paire (n° réseau, n° machine).

Exemple : 10000000 00001010 00000010 00011110

☞ Une adresse se note sous la forme de quatre entiers décimaux séparés par un point, chaque entier représentant un octet de l'adresse IP : Ex : 128.10.2.30

10000000	00001010	00000010	00011110
↓	↓	↓	↓
128	10	2	30

# Protocole IP V.4

## Adressage IP

Une adresse est constituée de 2 parties :

- adresse réseau,
- adresse machine.

**L'adresse réseau est spécifique à une entreprise et est unique.**

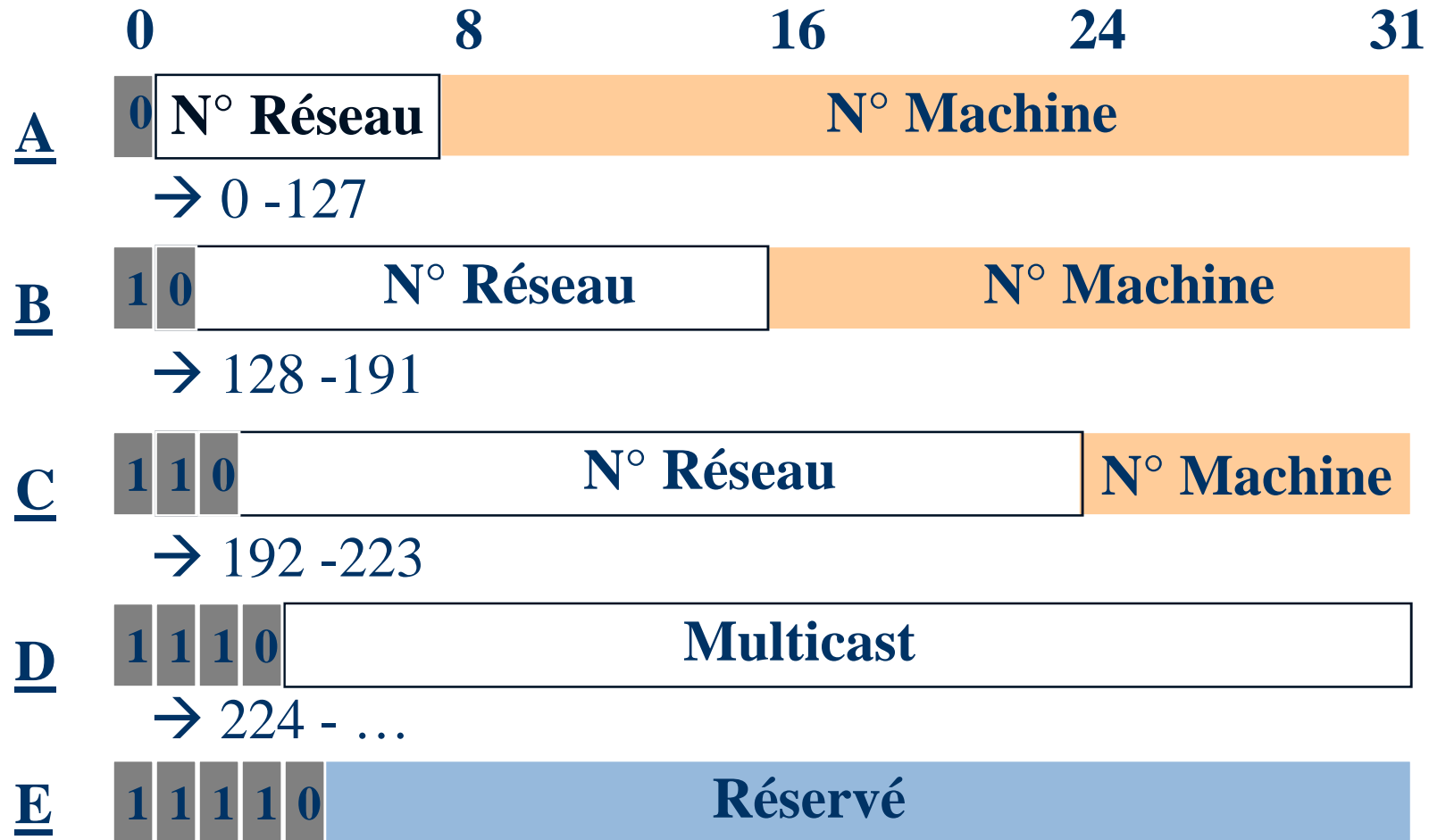
On parle d'adresses IP **PUBLIQUES** ou routables.

L'ICANN (*Internet Corporation for Assigned Names and Numbers*, remplaçant l'IANA, *Internet Assigned Numbers Agency*, depuis 1998) attribue les adresses IP publiques, c'est-à-dire les adresses IP des ordinateurs directement connectés sur le réseau public internet.

**Mais sur combien d'octets est codée l'adresse réseau ???**

# Protocole IP v.4

# Adressage IP – Les classes d'adresses



# Protocole IP V.4

## Adressage IP

Classe	Réseau	Machine		Total	
A	126	16 777 214		2 113 M	
B	16 384	65 534		1 073 M	
C	2 097 153	254		532 M	
				3720 M	

# Protocole IP V.4

## Adressage IP

	<b>Internautes 2004</b>	<b>Internautes 2015</b>	<b>Répartition Adresses IP</b>	<b>Adresses Attribuées (en millions)</b>	<b>Adresses Attribuées Si 1/3 perte</b>
<b>A. Nord</b>	196	327	73%	2 920	917
<b>Europe</b>	221	650	17%	680	211
<b>Reste Monde</b>	308	2153	10%	400	112
	<b>725</b>	<b>3120</b>			<b>1240</b>

☞ Dernier bloc d'adresses IP allouée en février 2011

# Protocole IP V.4

## Adressage IP – Adresses privées

Pour faire face à cette pénurie d'adresses, des adresses sont réservées, pour permettre aux ordinateurs d'un réseau local relié à internet, de communiquer entre-eux sans risquer de créer des conflits d'adresses IP.

On parle d'adresses IP **PRIVEES** ou **non-routables**

Il s'agit des adresses suivantes :

**Classe A : 10.0.0.1 à 10.255.255.254**

**Classe B : 172.16.0.1 à 172.31.255.254**

**Classe C : 192.168.0.1 à 192.168.255.254**

# Protocole IP V.4

## Adressage IP – Adresses privées

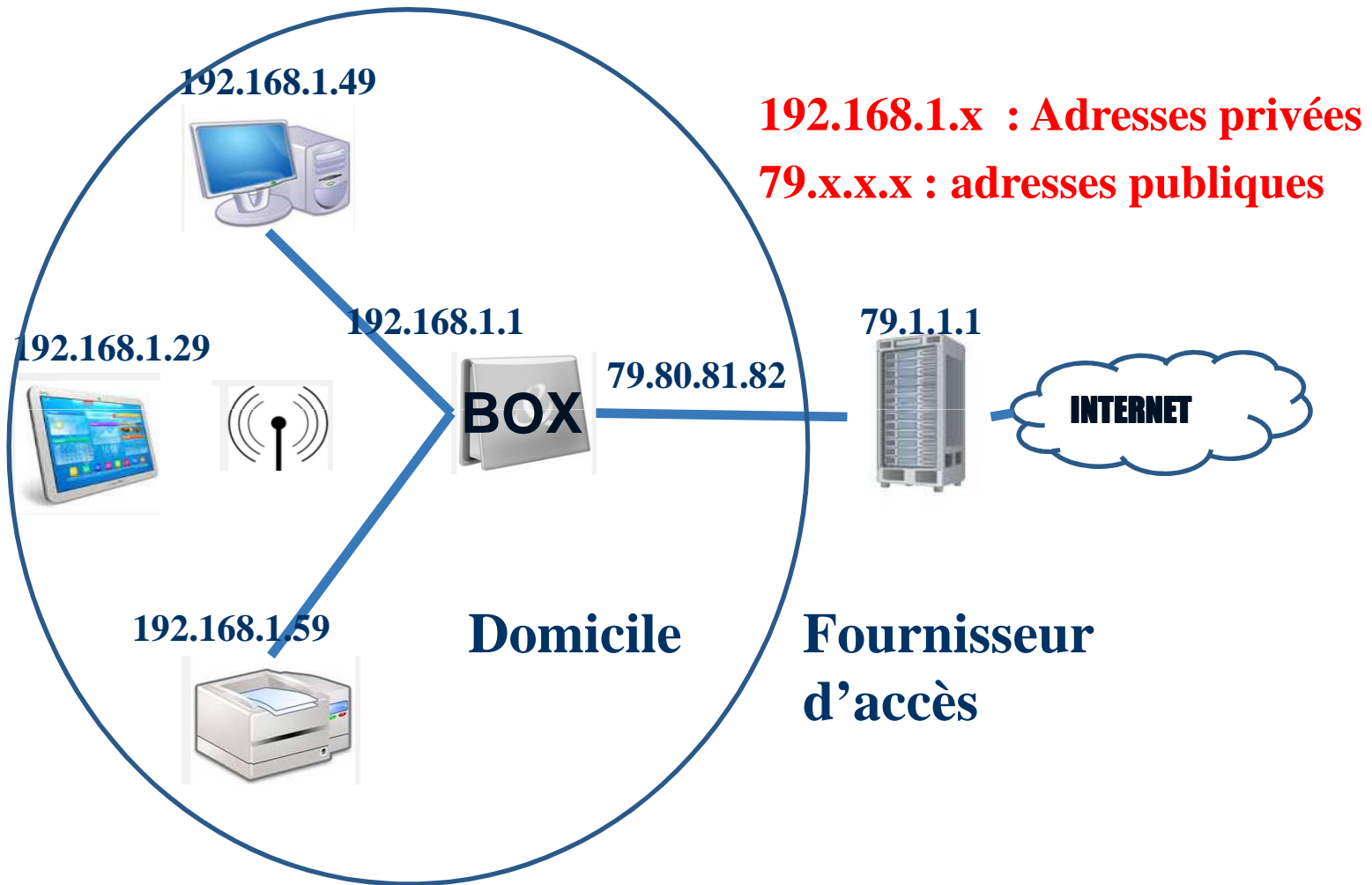
Remarques :

- 1 - Les mêmes adresses privées peuvent être utilisées dans des réseaux différents, mais ne permettent pas d'aller sur internet.
- 2 - Il faut un équipement intermédiaire , pour relayer les messages vers l'extérieur : le PROXY
- 3 – Les adresses peuvent être fixes ou dynamiques.
- 4 – Pour attribuer des adresses IP privées dynamiquement → services DHCP



# Protocole IP V.4

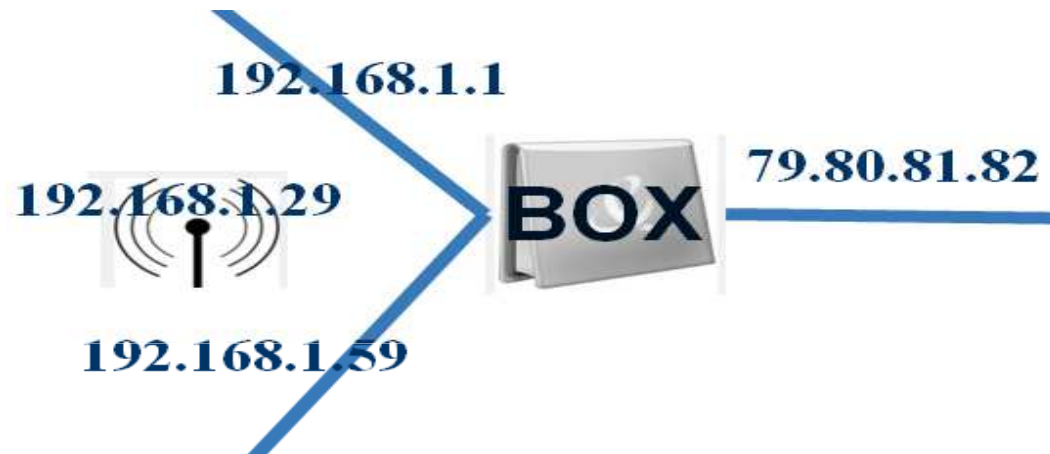
## Adressage IP



Exemple de réseau chez un particulier.

# Protocole IP V.4

## Adressage IP – Transfert d'adresses (NAT Network Address Translation)



Les échanges sont réalisés via la Box (ou autre équipement).  
Cet équipement utilise une table de translation (NAT) pour assurer la correspondance.

IP entrée	Port entrée		IP sortie	Port sortie
192.168.1.1	12345		79.80.81.82	1111
192.168.1.29	23456		79.80.81.82	1122
192.168.1.59	34567		79.80.81.82	2211

# **Protocole IP V.4**

## **Adressage IP – Transfert d'adresses (NAT Network Address Translation)**

Avantages de cette technique :

- Economie d'adresses IP publiques.
- Simplification de la gestion du réseau en numérotant les machines indépendamment des adresses du fournisseur.
- Amélioration de la sécurité des postes internes :
  - par le masquage de leurs adresses,
  - par le fait qu'ils ne sont pas adressables directement.

# Protocole IP V.4

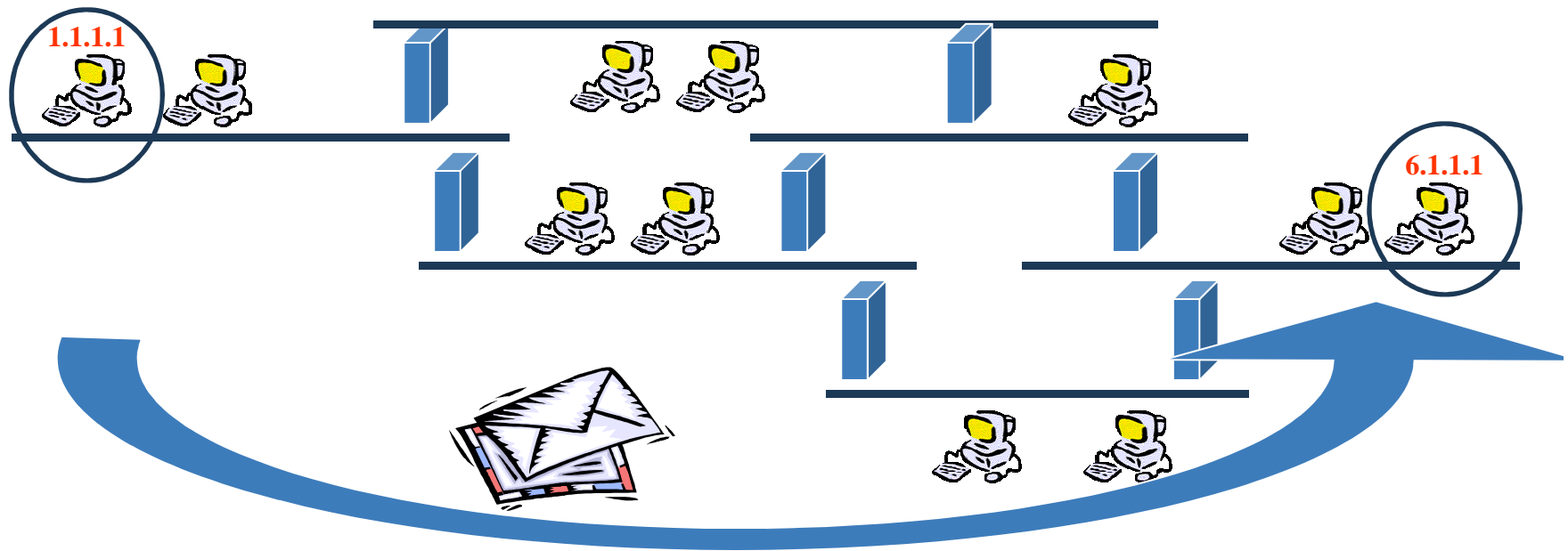
## Adressage IP – Adresses particulières

0.0.0.0	machine courante
255.255.255.255	réseau courant
224.x.x.x	adresse de diffusion
127.0.0.1	boucle locale

→ Ces valeurs ne peuvent être utilisées comme adresses de machines

# Protocole IP V.4

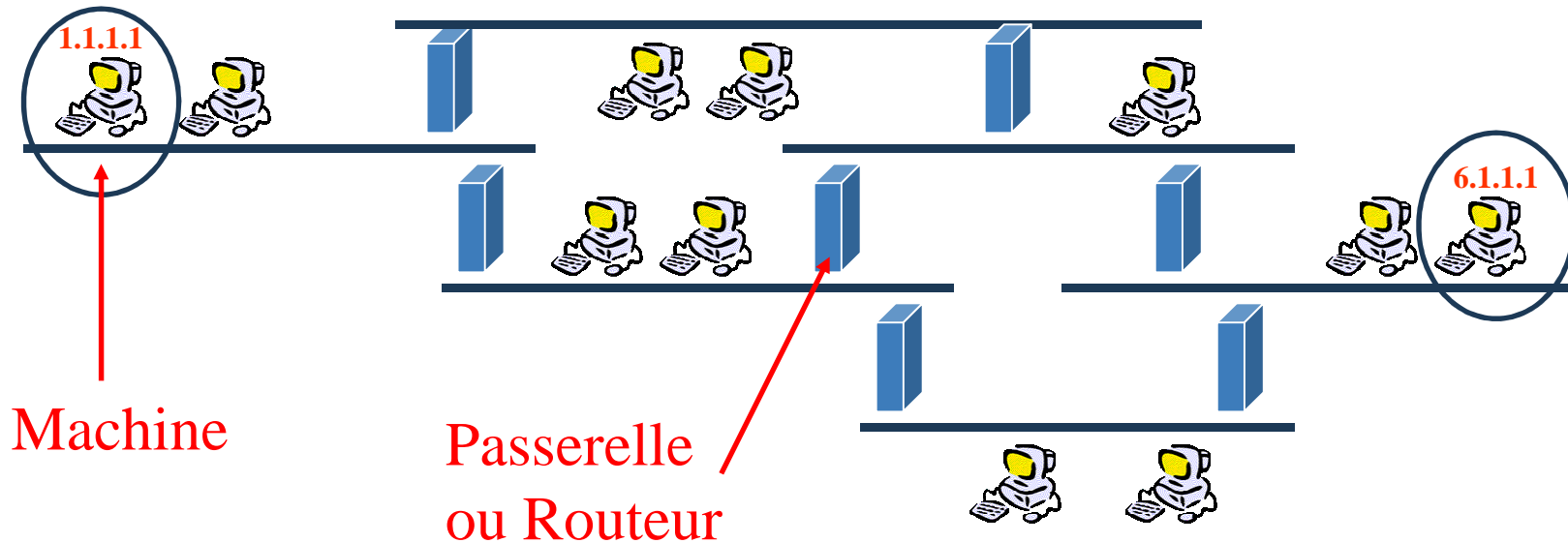
## Routage IP



- ☞ Le routage est le processus permettant à un « datagramme » d'être acheminé vers le destinataire.
- ☞ Le destinataire pouvant être ou non sur le même réseau physique que l'émetteur.

# Protocole IP V.4

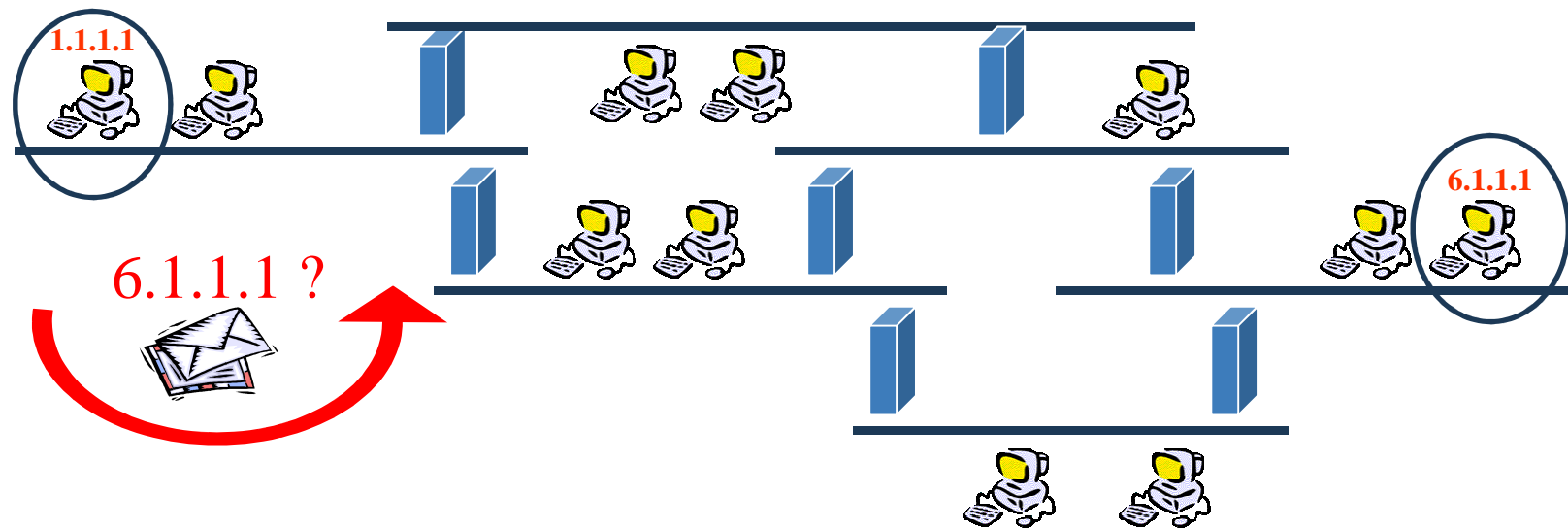
## Routage IP



- Machine et passerelle participent au routage (Un routeur possède deux ou plusieurs connexions réseaux tandis qu'une machine possède généralement qu'une seule connexion.)

# Protocole IP V.4

## Routage IP



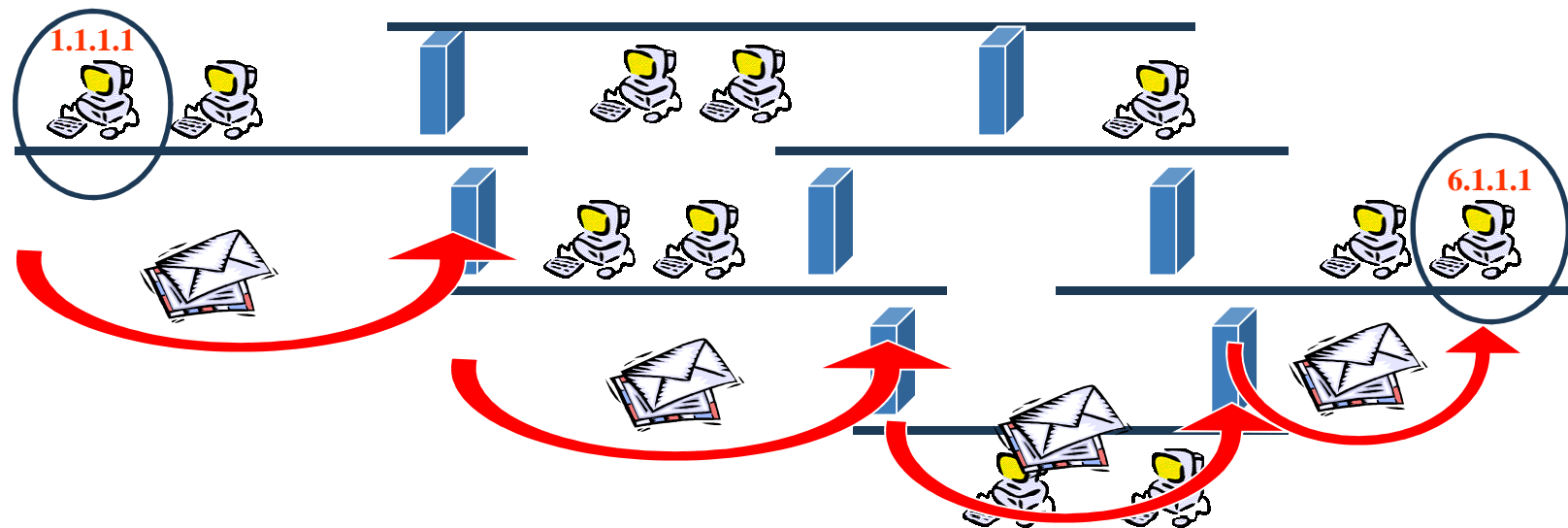
L'algorithme de routage détermine si le message :

- ☞ sera délivré en local (routage direct)
- ☞ sera acheminé vers l'extérieur du réseau, via la passerelle (routage indirect).

Remarque : Le transfert effectif du message est réalisé par ETHERNET

# Protocole IP V.4

## Routage IP



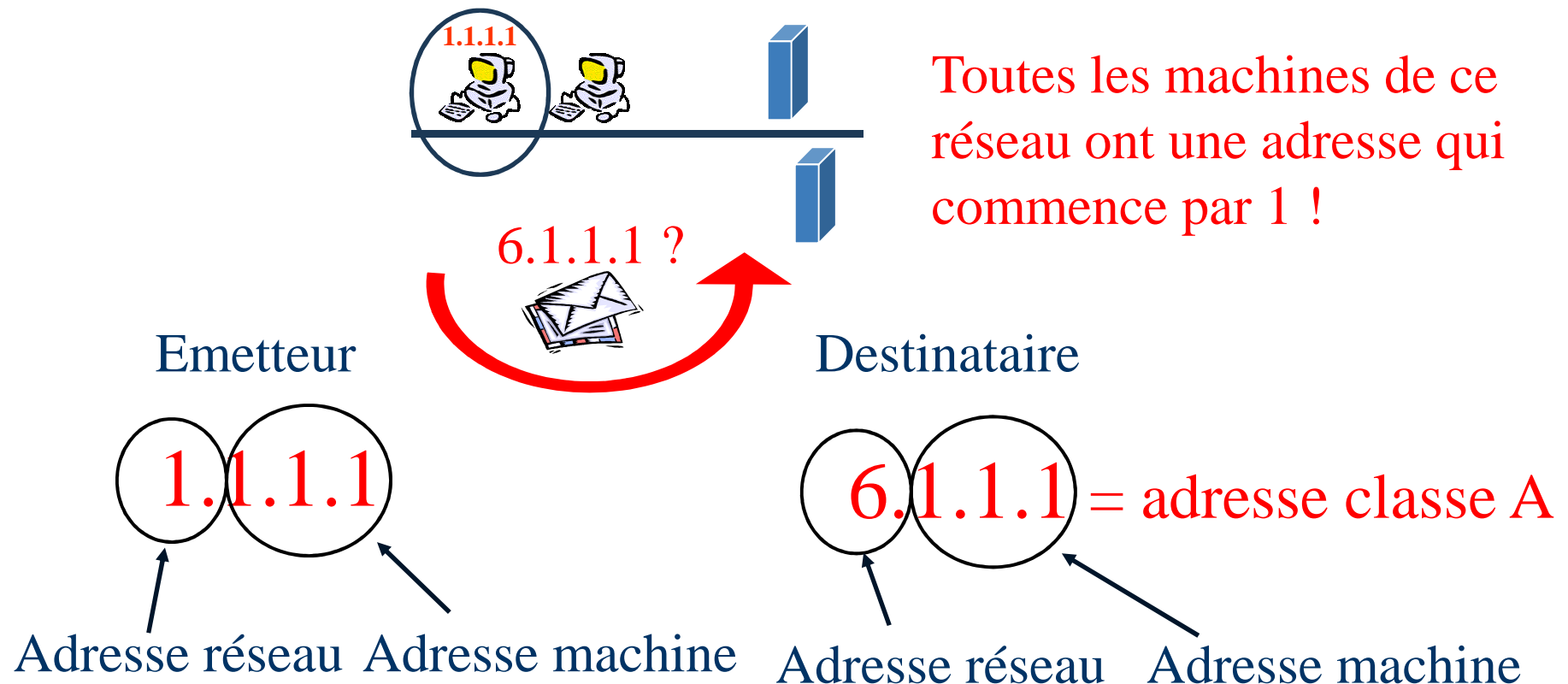
Dans le 2<sup>ème</sup> cas, un datagramme transite alors de passerelle en passerelle jusqu'à ce que l'une d'entre elle le délivre à son destinataire.



# Protocole IP V.4

## Routage IP

Dans le routage, la machine qui émet doit déterminer si le destinataire est dans son réseau ou pas. Pour cela elle va comparer l'adresse réseau du destinataire et le sien.



# Protocole IP V.4

## Routage IP

La technique consiste a masquer la partie adresse de la machine.

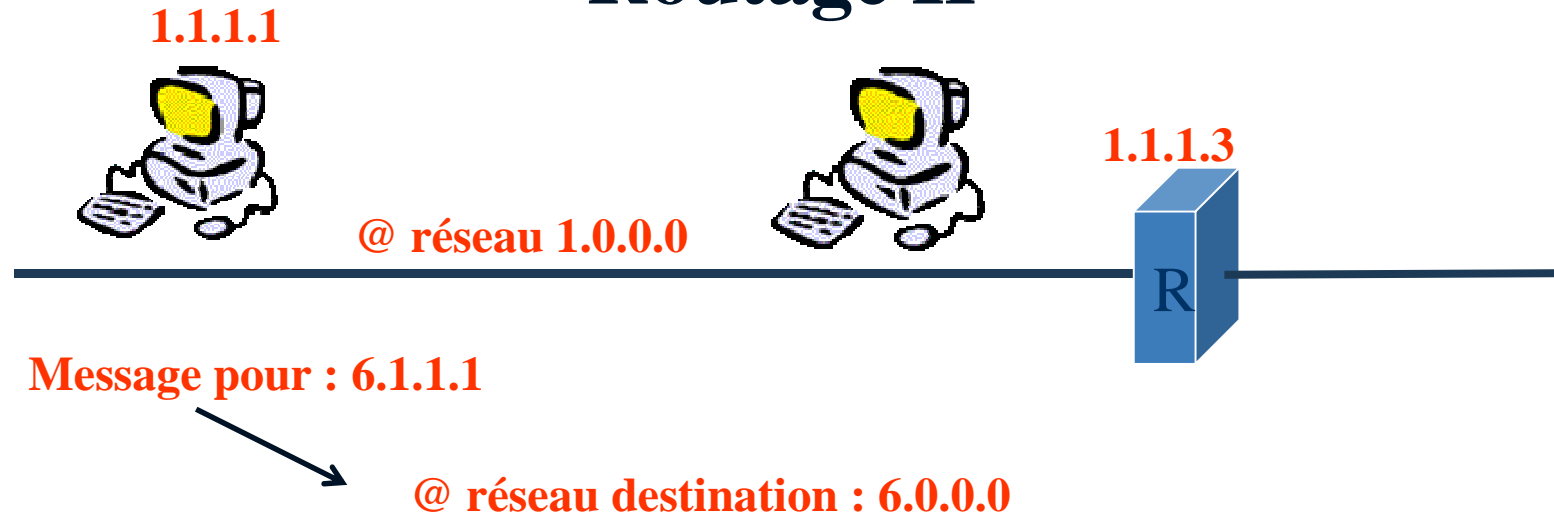
Le masque = valeur binaire pour extraire une partie de l'adresse de destination

### Exemple

	6.	1.	1.	1	= adresse destination
et	255.	0.	0.	0	= masque
	6 .	0 .	0 .	0	= résultat (adresse réseau)

# Protocole IP V.4

## Routage IP



Après le « masquage », on compare l'adresse réseau de l'émetteur avec l'adresse réseau du destinataire :

SI (c'est la même adresse réseau)

ALORS la machine émettrice peut directement envoyer le message au destinataire,

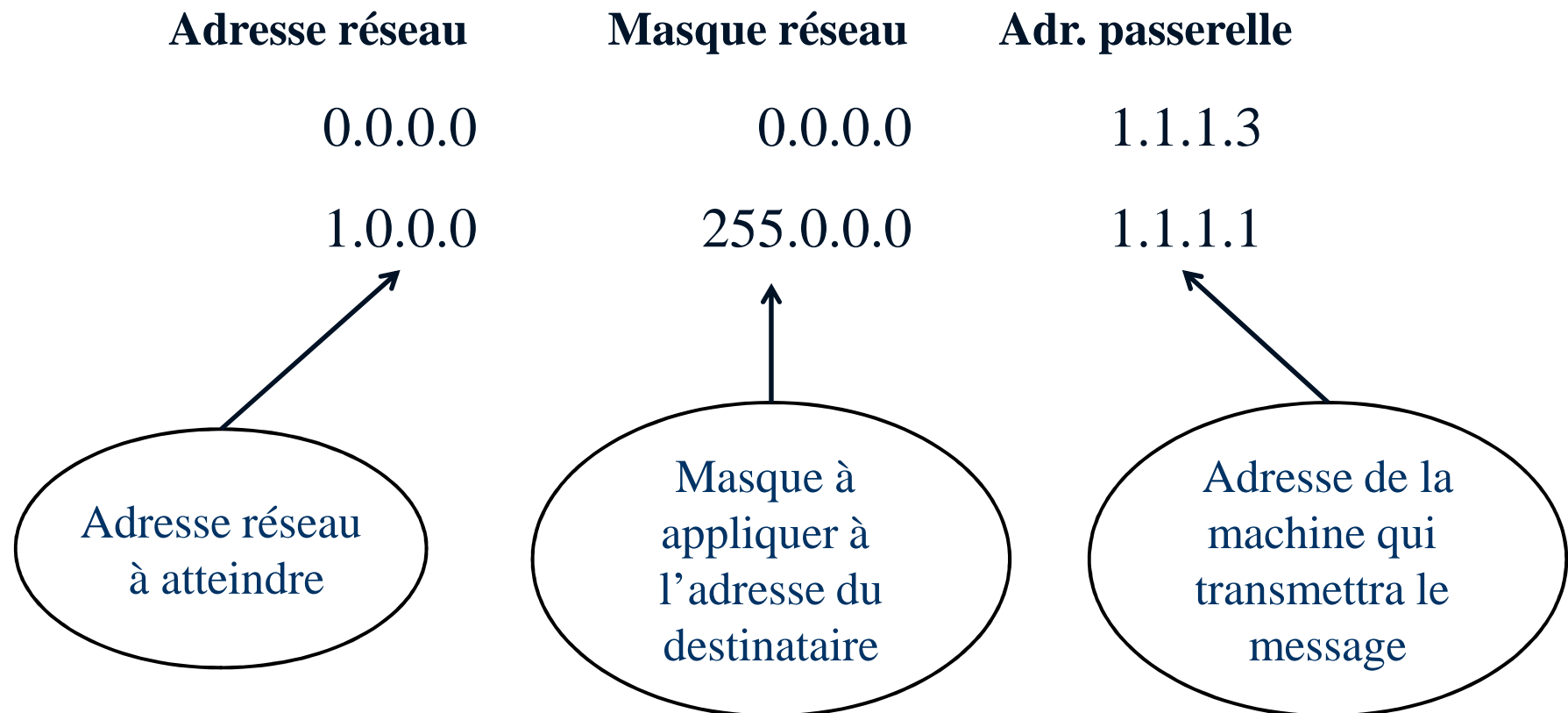
SINON elle doit le transmettre à la passerelle.

# Protocole IP V.4

## Routage IP

Toutes ces informations sont stockées dans une table de routage.

### Exemple de table sous windows



# Protocole IP V.4

## Routage IP

### Principe de fonctionnement

Adresse réseau	Masque réseau	Adr. passerelle
0.0.0.0	0.0.0.0	1.1.1.3
1.0.0.0	255.0.0.0	1.1.1.1

### Etape 1 :

**On applique le masque  
réseau a l'adresse de  
destination**

**Exemple :**  
**6.1.1.1**  
**et 255.0.0.0**  
**→ 6.0.0.0**

# Protocole IP V.4

## Routage IP

### Principe de fonctionnement

Adresse réseau	Masque réseau	Adr. passerelle
0.0.0.0	0.0.0.0	1.1.1.3
1.0.0.0	255.0.0.0	1.1.1.1



**Exemple :**

**6.0.0.0**

**1.0.0.0**

**?**

**Etape 2 :**


**On compare l'adresse réseau  
au résultat précédent**

# Protocole IP V.4

## Routage IP

### Principe de fonctionnement

Adresse réseau	Masque réseau	Adr. passerelle
0.0.0.0	0.0.0.0	1.1.1.3
1.0.0.0	255.0.0.0	1.1.1.1



### Etape 3 :

Si (les deux valeurs précédentes sont identiques)

ALORS le paquet est émis via la passerelle  
SINON on recommence les trois étapes avec la ligne suivante


**Exemple :**  
**6.0.0.0**  
**1.0.0.0**  
**différents**

# Protocole IP V.4

## Routage IP

### Principe de fonctionnement

Adresse réseau	Masque réseau	Adr. passerelle
0.0.0.0	0.0.0.0	1.1.1.3
1.0.0.0	255.0.0.0	1.1.1.1



### Cas particulier:

On trouve souvent une ligne ayant comme valeur de masque de sous-réseau 0.0.0.0

Il s'agit d'une route par défaut.

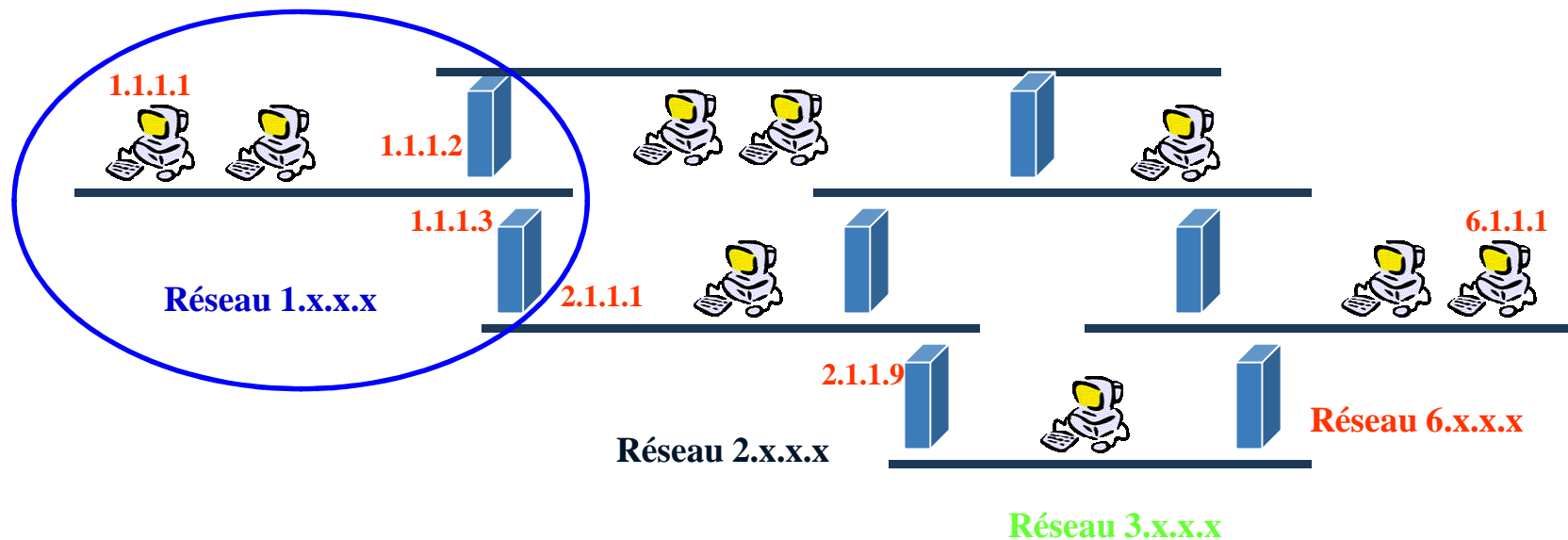
Si on ne connaît pas le destinataire on force l'envoi du paquet vers une passerelle qui se chargera de trouver le destinataire

**Exemple :**  
**6.0.0.0**  
**et 0.0.0.0**  
**= 0.0.0.0**



# Protocole IP V.4

## Routage IP

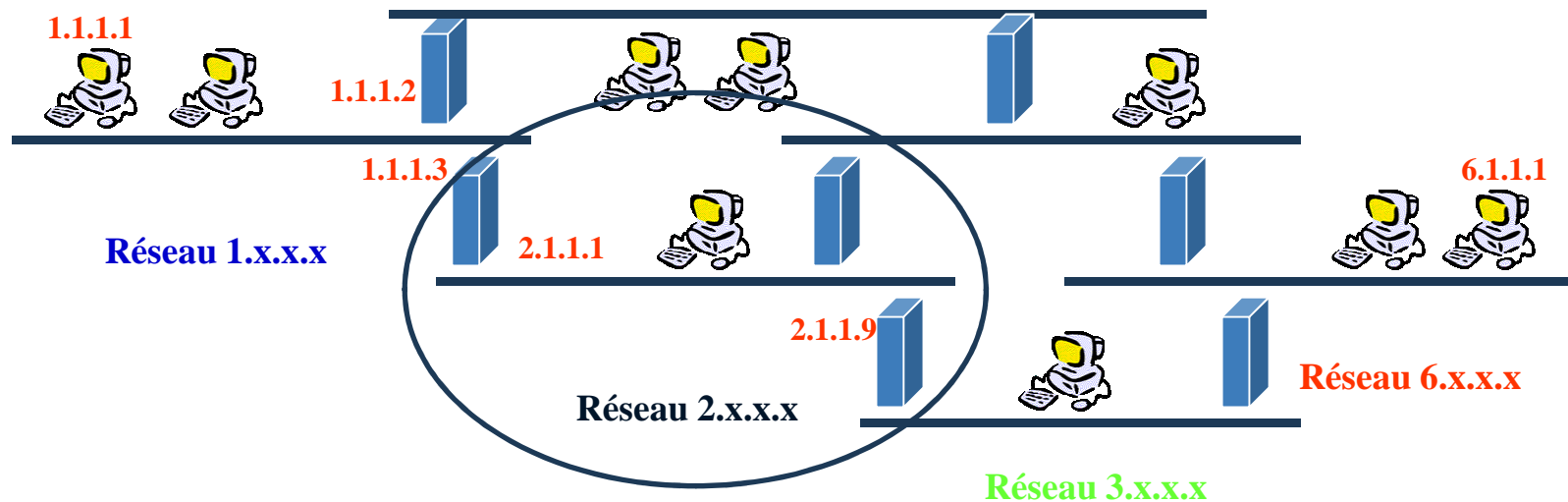


### Exemple de table sous windows pour 1.1.1.1

Adresse réseau	Masque réseau	Adr. passerelle
0.0.0.0	0.0.0.0	1.1.1.3
1.0.0.0	255.0.0.0	1.1.1.1

# Protocole IP V.4

## Routage IP

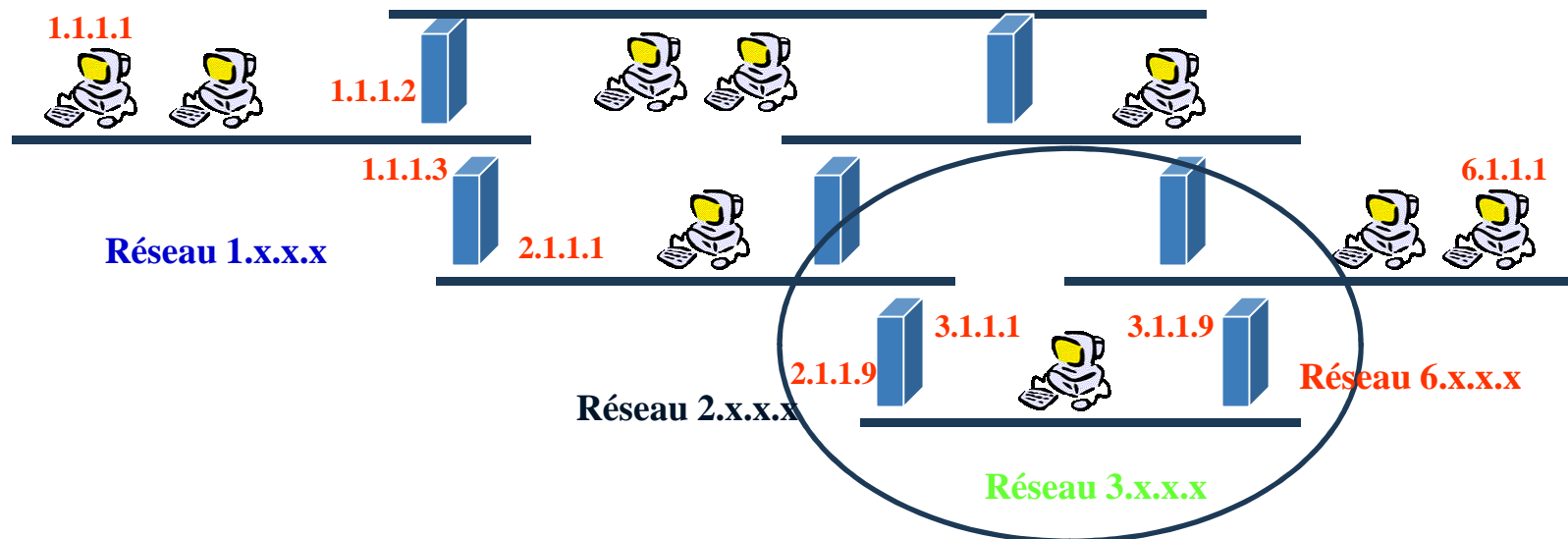


### Exemple de table sous windows pour 1.1.1.3

Adresse réseau	Masque réseau	Adr. passerelle
0.0.0.0	0.0.0.0	2.1.1.9
1.0.0.0	255.0.0.0	1.1.1.3
2.0.0.0	255.0.0.0	2.1.1.1

# Protocole IP V.4

## Routage IP

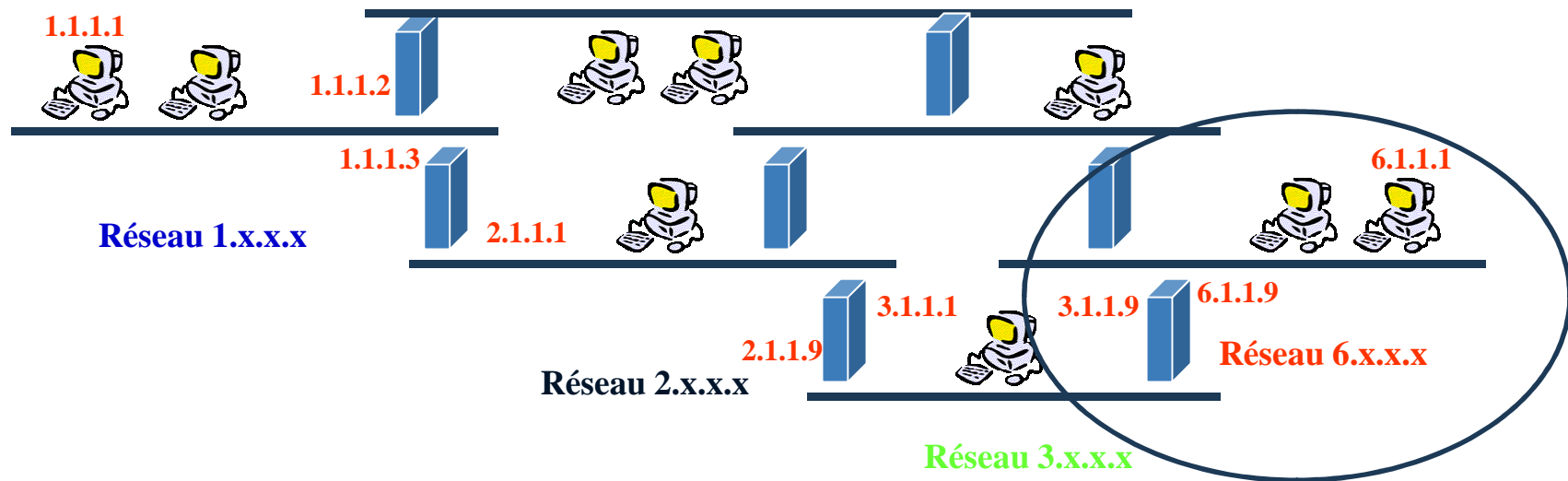


### Exemple de table sous windows pour 2.1.1.9

Adresse réseau	Masque réseau	Adr. passerelle
0.0.0.0	0.0.0.0	3.1.1.9
3.0.0.0	255.0.0.0	3.1.1.1
2.0.0.0	255.0.0.0	2.1.1.9

# Protocole IP V.4

## Routage IP



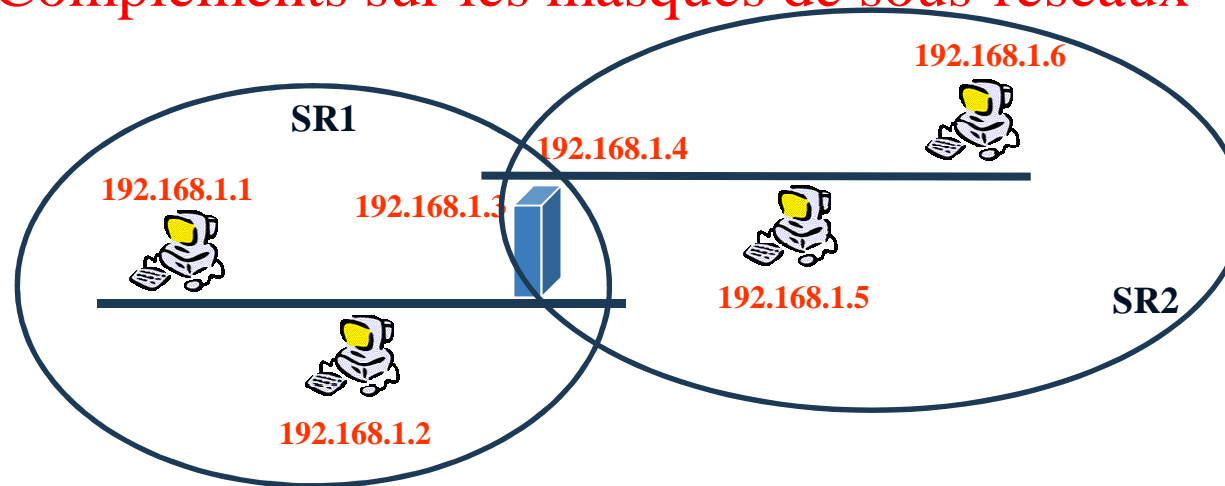
### Exemple de table sous windows pour 3.1.1.9

Adresse réseau	Masque réseau	Adr. passerelle
0.0.0.0	0.0.0.0	3.1.1.1
6.0.0.0	255.0.0.0	3.1.1.9
3.0.0.0	255.0.0.0	6.1.1.9

# Protocole IP V.4

## Routage IP

### Compléments sur les masques de sous-réseaux



### Table de routage pour 192.168.1.1

Adresse réseau	Masque réseau	Adr. passerelle
0.0.0.0	0.0.0.0	192.168.1.3
192.168.1.0	255.255.255.0	192.168.1.1

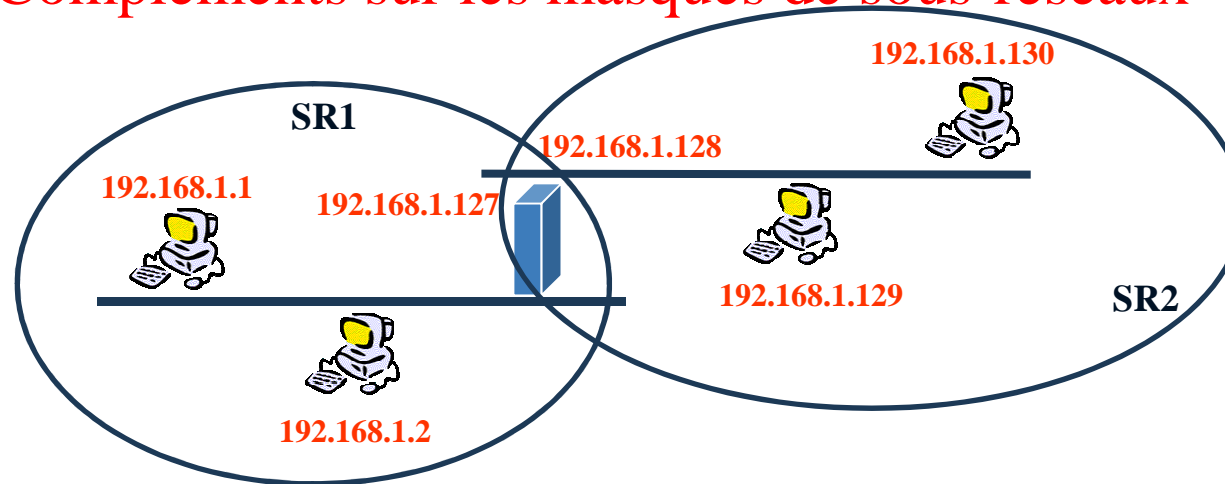
Avec cette table, lorsque la machine 192.168.1.1 veut envoyer un message à 192.168.1.6, elle considère que le destinataire est sur le même réseau, ce qui n'est pas le cas !!!

Comment faire ???

# Protocole IP V.4

## Routage IP

### Compléments sur les masques de sous-réseaux



Sur 8 bits, on constate que  $127 = 01111111$  et  $128 = 10000000$ .

Si la valeur binaire est  $\leq 127$  le bit de poids fort (le plus à gauche)  $= 0$  et si la valeur  $\geq 128$  le bit de poids fort  $= 1$ .

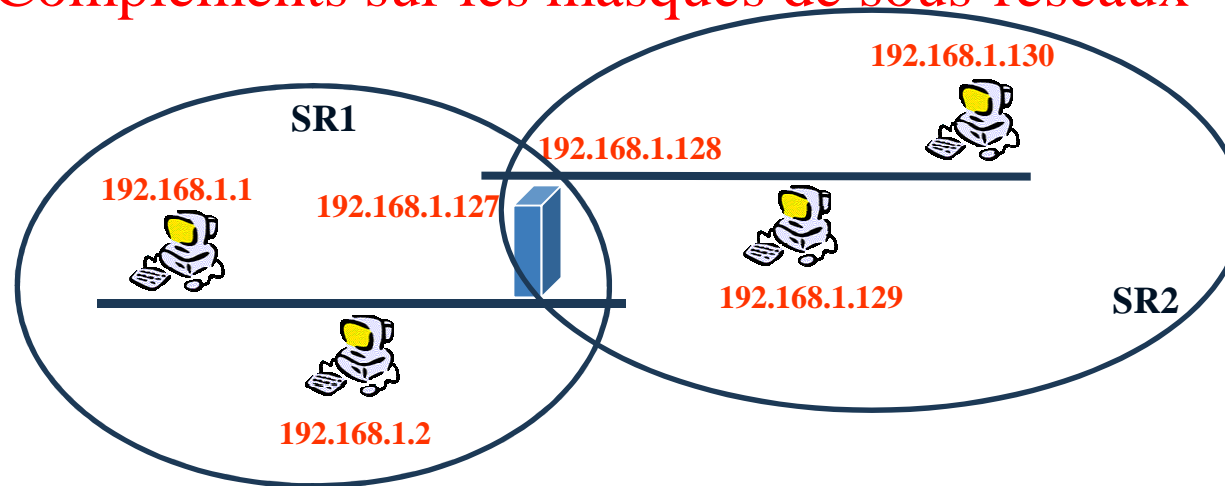
Il suffit :

- de numéroté les machines de SR1 de 1 à 127 et les machines de SR2 de 128 à 254.
- de regarder la valeur du bit de poids fort du dernier octet

# Protocole IP V.4

## Routage IP

### Compléments sur les masques de sous-réseaux



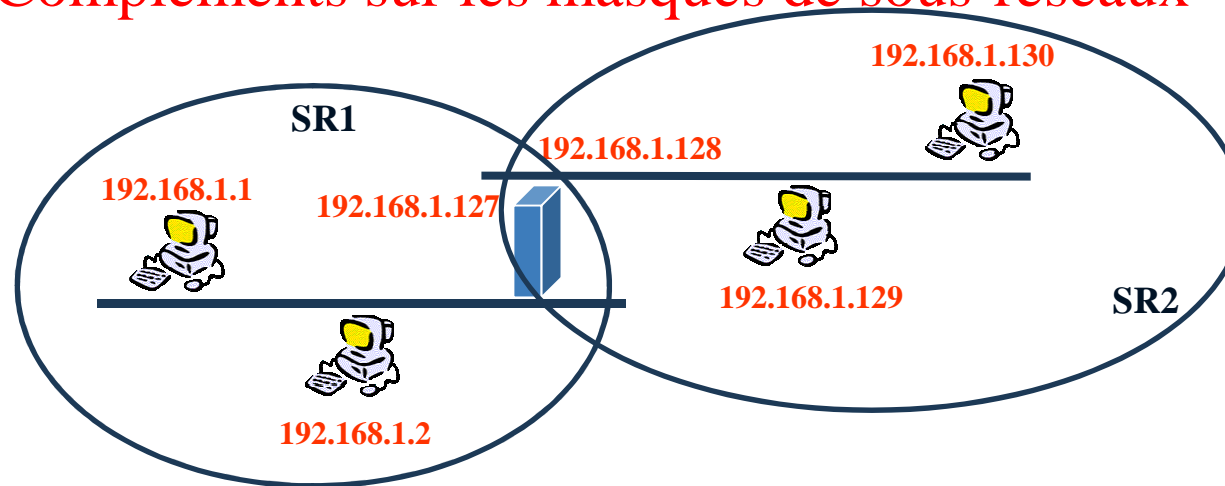
Dans ce cas la valeur du masque à utiliser pour le dernier octet du SR1 est  $10000000_2$  soit  $128_{10}$ .

	Adresse IP	192	.	168	.	1	.	1
	Masque	255	.	255	.	255	.	128
	Résultat	192	.	168	.	1	.	0
IP	11000011	00011001		00000001		00000001		
Masque	11111111	11111111		11111111		10000000		
Résultat	11000011	00011001		00000001		00000000		

# Protocole IP V.4

## Routage IP

### Compléments sur les masques de sous-réseaux



Si on applique ce masque à une machine de SR2 nous aurons :

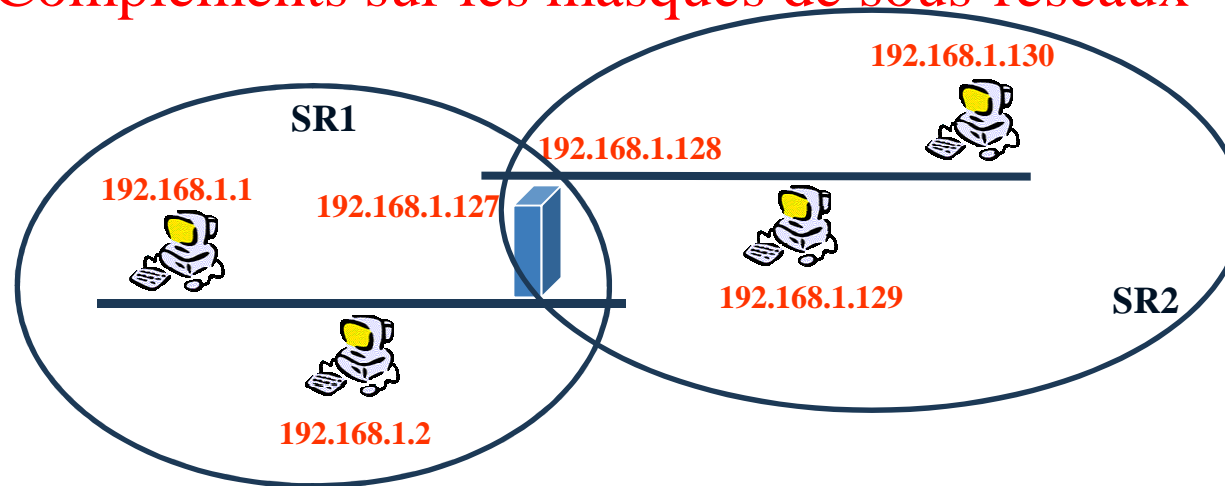
	Adresse IP	192	.	168	.	1	.	129
	Masque	255	.	255	.	255	.	128
	Résultat	192	.	168	.	1	.	128
IP	11000011	00011001		00000001		10000001		
Masque	11111111	11111111		11111111		10000000		
Résultat	11000011	00011001		00000001		10000000		



# Protocole IP V.4

## Routage IP

Compléments sur les masques de sous-réseaux



### Table de routage pour 192.168.1.1

Adresse	Masque	Passerelle
0.0.0.0	0.0.0.0	192.168.1.27
192.168.1.0	255.255.255.128	192.168.1.1

### Table de routage pour 192.168.1.129

Adresse	Masque	Passerelle
0.0.0.0	0.0.0.0	192.168.1.128
192.168.1.128	255.255.255.128	192.168.1.129

**D'où, les tables de routage finales.**

# Protocole IP V.4

## Autres protocoles associés à IP

### Protocole DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol)

👉 Objectif : Il sert principalement à distribuer des adresses IP sur un réseau.

👉 Le protocole: Au démarrage, un poste utilisateur consulte de réseau pour localiser le serveur DHCP et lui demande une adresse IP.

Les adresses IP sont délivrées avec une date de début et une date de fin de validité (**bail**). Un client qui voit son bail arriver à terme peut demander au serveur une prolongation du bail. Si le serveur voit un bail arriver à terme, il demandera au client s'il veut prolonger son bail. Si le serveur ne reçoit pas de réponse valide, il rend disponible l'adresse IP.

# Protocole IP V.4

## Autres protocoles associés à IP

### Protocole ARP (Adress Resolution Protocol )

☞ Objectif : établir le lien entre adresse IP et adresse physique (MAC)

☞ Le protocole: Le poste de travail demande à toutes les autres machines, si elles connaissent l'adresse MAC d'une machine identifiée par son adresse IP.

Les informations reçues sont stockées dans une table de correspondance entre les adresses IP et les adresses physiques dans une mémoire cache. Cela évite de faire des demandes à chaque fois.

# Protocole IP V.4

Exemple de mémoire cache ARP (commande : arp)

Interface : 192.168.1.67 --- 0xd

Adresse Internet	Adresse physique	Type
192.168.1.1	30-7e-cb-94-0b-e8	dynamique
192.168.1.255	ff-ff-ff-ff-ff-ff	statique

# Protocole IP V.4

## Autres protocoles associés à IP

### Protocole DNS (Domain Name Service )

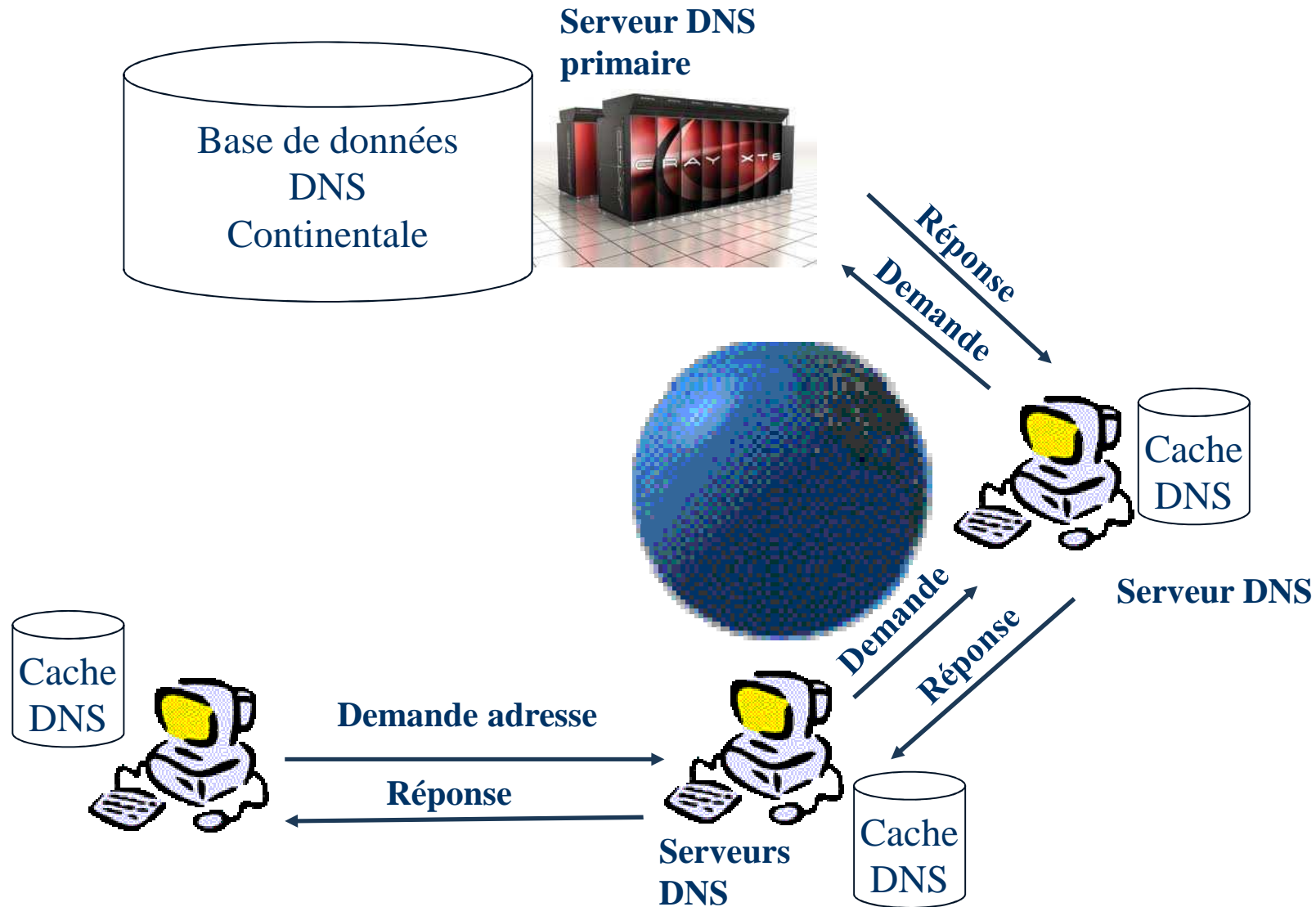
☞ Objectif : fournir à une machine identifiée par son nom l'adresse IP correspondante.

☞ Principe : Tous les noms des machines (nom de domaine) et leur adresses IP correspondantes sont stockées sur des énormes serveurs gérées internationalement (serveurs DNS primaires).

☞ Remarque : La création d'un nom de domaine ([www.iut-montpellier.fr](http://www.iut-montpellier.fr)) nécessite une démarche de référencement, généralement payante. Les données sont stockées sur les serveurs et mises à la disposition de tous.

# Protocole IP V.4

## Protocole DNS (Domain Name Service )



# Protocole IP V.4

## Configuration IP de Windows

### Exemple de cache DNS locale

www.google.com

-----

Nom d'enregistrement. : www.google.com

Type d'enregistrement : 1

Durée de vie . . . . : 86400

Longueur de données . : 4

Section . . . . . : Réponse

Enregistrement (hôte) : 74.125.206.94

www.facebook.com

-----

Nom d'enregistrement. : www.facebook.com

Type d'enregistrement : 1

Durée de vie . . . . : 86400

Longueur de données . : 4

Section . . . . . : Réponse

Enregistrement (hôte) : 179.60.192.36

# Protocole IP V.4

Exemple de configuration IP d'une machine (commande : ipconfig)

Carte réseau sans fil Connexion réseau sans fil :

Description. . . . .	: Carte Wireless-N DW1501
Adresse physique . . . . .	: 9C-B7-0D-2D-54-6A
DHCP activé. . . . .	: Oui
Configuration automatique activée. . .	: Oui
Adresse IPv4. . . . .	: 192.168.1.67(préfééré)
Masque de sous-réseau. . . . .	: 255.255.255.0
Bail obtenu. . . . .	: vendredi 6 mai 2016 09:15:46
Bail expirant. . . . .	: samedi 7 mai 2016 09:15:46
Passerelle par défaut. . . . .	: 192.168.1.1
Serveur DHCP . . . . .	: 192.168.1.1
Serveurs DNS. . . . .	: 192.168.1.1



# Protocole IP V.4

## Synthèse

**Avantage IP:** protocole simple et rapide au niveau d'une machine

**Limites IP :** non conçu pour des très grands réseaux

- Adressage limité en nombre
- Adresses non structurées
- Téléphonie mobile interdite → IPMobile
- Protocole peu fiable si routeurs mal paramétrés