

Interconnexion de réseaux (Généralités)

Pour transférer un message le service de transfert doit connaître :

- l'adresse de la machine de destination**
- sa boîte aux lettres**

Ce service se décompose en deux parties :

- le transfert entre machines**
- le transfert entre boîtes aux lettres**

Interconnexion de réseaux (Adressage)

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

Une machine doit être accessible aussi bien par des humains que par d'autres machines, elle se présente sous la forme :

D'un nom (mnémotechnique pour les utilisateurs)

D'une adresse (code numérique)

L'adresse doit :

**prendre en charge un grand nombre de machines
faciliter la localisation**

être gérée au niveau mondial

Interconnexion de réseaux (Commutation)

Commutation = politique d'échange des données

Commutation de circuits

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

Autres appellations : Circuit Virtuel - Mode

connect

Commutation de données ou de paquets

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

Autres appellations : Datagramme - Mode non connecté

Interconnexion de réseaux (Routage)

Routage = processus permettant à un paquet d'être acheminé vers le destinataire lorsque celui-ci n'est pas sur le même réseau physique que l'émetteur (en fonction de la politique choisie).

Le routeur réalise le choix du chemin en appliquant un algorithme particulier à partir de tables de routage.

Interconnexion de réseaux (Adressage IP)

IP est un protocole à commutation de paquets :

- service sans connexion (paquets traités indépendamment les uns des autres)
- remise de paquets non garantie.

→ Protocole non fiable

IP défini :

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

Interconnexion de réseaux (Adressage IP)

Adressage binaire compact assurant un routage efficace

Utilisation de noms pour identifier des machines

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

Cette paire est structurée de manière à définir cinq classes d'adresse

Interconnexion de réseaux (Adressage IP)

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 : 194.204.231.100

Adresses particulières :

0.0.0.0 représente un hôte inconnu

255.255.255.255 représente tous les hôtes

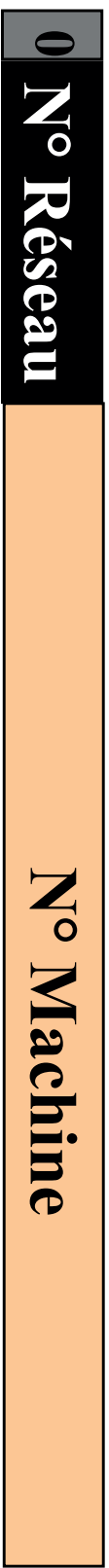
127.0.0.1 machine locale (localhost)

→ Ces valeurs ne peuvent être utilisées comme adresses

Interconnexion de réseaux (Classes d'adresses IP)

0 K 16 24 31

A



G



H



,



'



Interconnexion de réseaux (Classes d'adresses IP)

Classe A :

Il est possible de créer $2^J=128$ réseaux possédant chacun $2^{24}=16777216$ hôtes

Classe B :

Il est possible de créer $2^{14}=16384$ réseaux possédant chacun $2^{16}=65536$ hôtes

Classe C :

Il est possible de créer $2^{21}=2097152$ réseaux possédant chacun $2^K=256$ hôtes

Interconnexion de réseaux (Classes d'adresses IP)

Classe A :

000.000.000.000 → 127.255.255.255

Classe B :

128.000.000.000 → 191.255.255.255

Classe C :

192.000.000.000 → 223.255.255.255

Classe D :

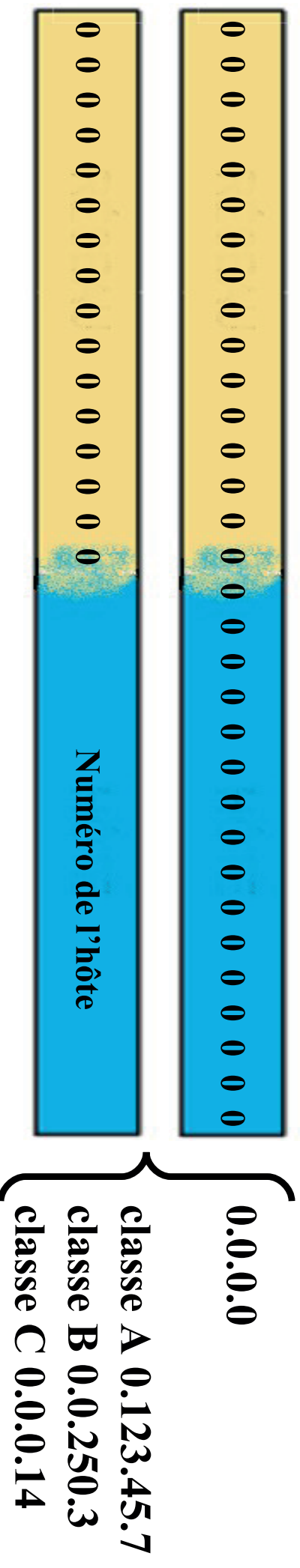
224.000.000.000 → 239.255.255.255

Classe E :

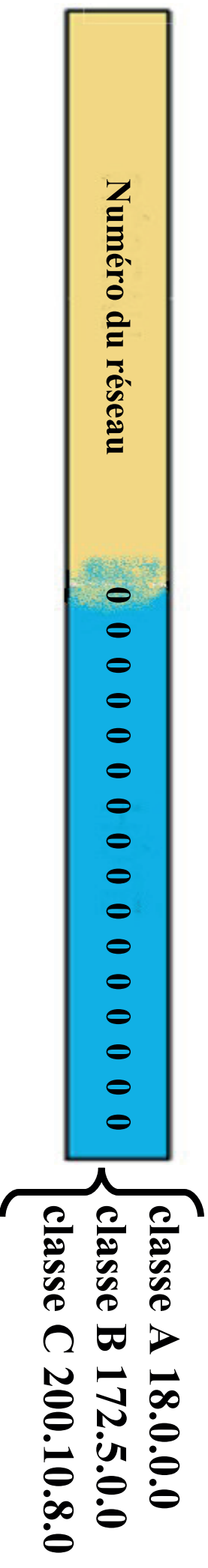
240.000.000.000 → 247.255.255.255

Adresses réservées

Désignation de la machine elle même

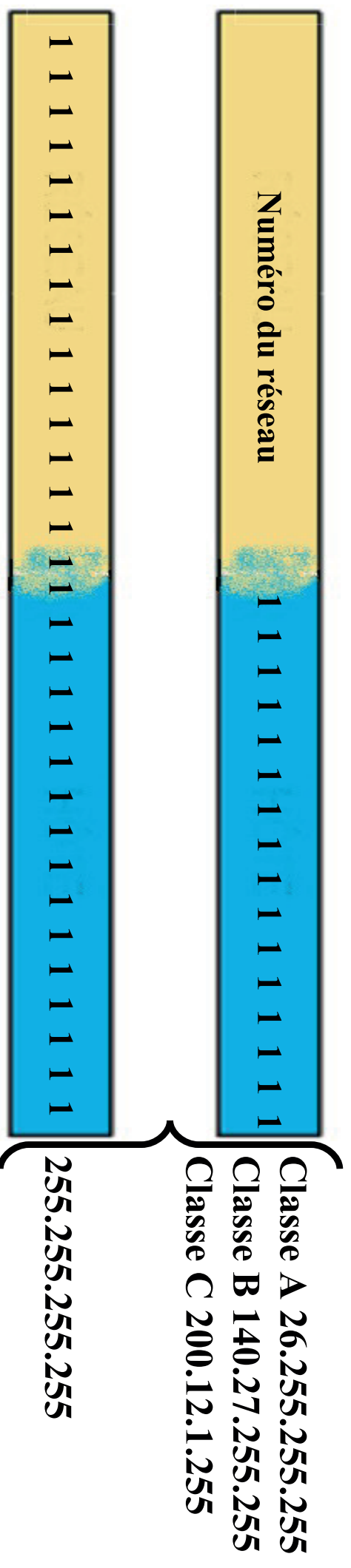


Désignation du réseau lui même



Adresses réservées (suite)

Broadcast



Boucle locale pour les tests : 127.0.0.1

Adresses privées (ou non routables)

➤ Adresse de classe A

10.0.0.0 ↔ 10.255.255.255

➤ Adresses de classe B

172.16.0.0 ↔ 172.31.255.255

➤ Adresses de classe C

192.168.0.0 ↔ 192.168.255.255

Faiblesse de l'adressage IP

- L'adressage IP fait référence non pas à un ordinateur mais à un point d'entrée du réseau → ordinateur déplacé ⇒ modification de son adresse IP

- Croissance d'un réseau qui dépasse 255 ordinateurs ⇒ il faut obtenir une adresse de classe B et modifier les adresses réseaux :
long + difficile à mettre au point

Faiblesse de l'adressage IP

- Le routage utilise la partie réseau de l'adresse IP $\Rightarrow$ la route empruntée pour rejoindre une machine à plusieurs adresses IP dépend de l'adresse réseau fournie.
- La connaissance d'une adresse IP peut être insuffisante pour atteindre une machine (à plusieurs adresses IP).

Les sous réseaux

➤ On peut découper un réseau en plusieurs sous-réseaux, alors que l'ensemble continue à se comporter comme un seul réseau vis-à-vis de l'extérieur.

➤ Le champ d'identification de l'ordinateur est subdivisé en 2 parties : N° sous réseau et N° machine.

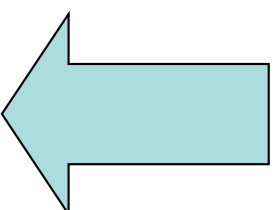
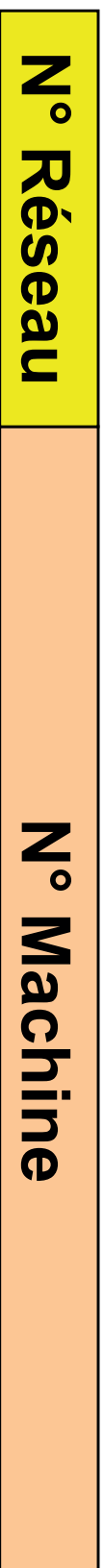
BUT :

→ faciliter l'administration du réseau.

→ séparer les machines sensibles.

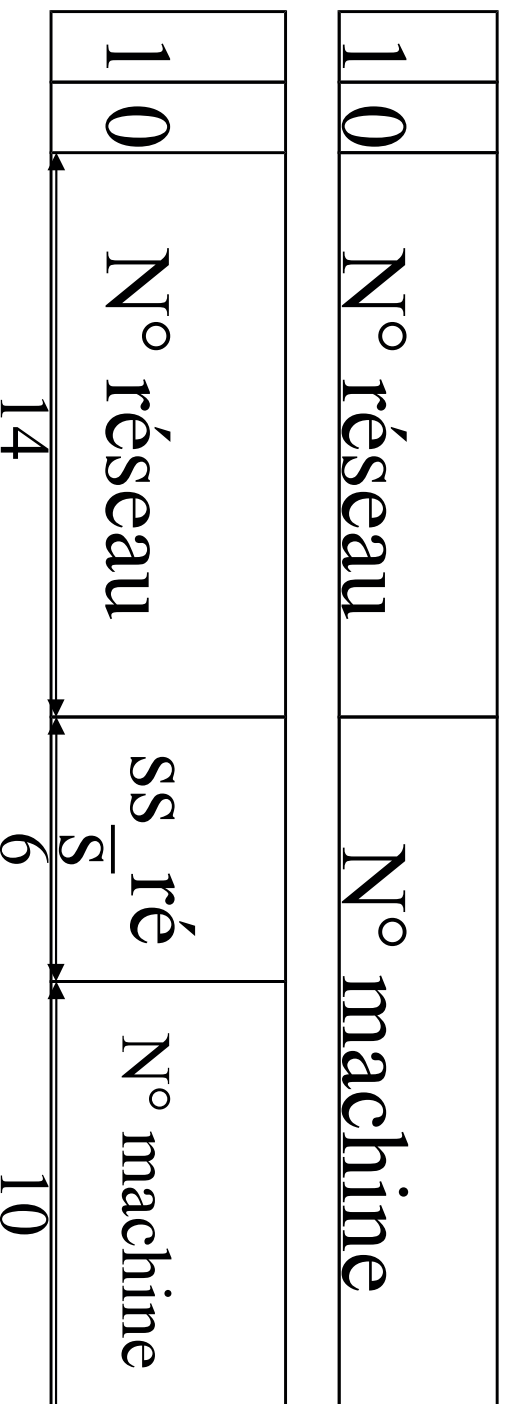
Les sous réseaux

La partie N° de machine est découpée en deux.
Une pour le N° de sous réseau et une pour la
partie N° de machine.



Exemple de sous-réseaux

Un réseau de classe B : 16 bits pour N° machine
6 bits pour identifier le sous-réseau
10 bits pour la machine
⇒ permet de définir 64 réseaux locaux



Les masques de sous réseaux

- Pour réaliser un découpage du réseau, on dispose des masques de sous réseaux (subnet mask).
- Sans découpage, les bits correspondant au N° réseau sont tous mis à 1, les autres à 0.

Les masques par défaut

Classe A :

11111111.00000000.00000000.00000000 →
255.0.0.0

Classe B :

11111111.11111111.00000000.00000000 →
255. 255.0.0

Classe C :

11111111.11111111.11111111.00000000 →
255.255.255.0

Masque de sous-réseaux

- Les bits correspondant à `id_res` et à la partie désignant le sous-réseau de `id_ord` sont tous mis à 1, les autres à 0.
- Pour trouver l'adresse du sous-réseau auquel appartient un ordinateur, on fait un ET logique (bit à bit) entre le masque de sous-réseau du réseau et l'adresse IP de l'ordinateur.

Exemple de masque

➤ adresse réseau : 130.50.0.0

➤ sous-réseau 1 : 130.50.4.0

sous-réseau 2 : 130.50.8.0

...

➤ masque : 111...111111100000000000

255.255.252.0

Utilisation du masque

À quel sous-réseau appartient la machine d'adresse IP
130.50.15.6 ?

10000010 00110010 00001111 00000110

ET_{logique}

11111111 11111111 11111100 00000000

10000010 00110010 00001100 00000000

⇒ Elle appartient au sous réseau 130.50.12.0

Remarque

Les bits du masque identifiant le sous-réseau et la machine peuvent ne pas être contigus :

11111111 11111111 00011000 01000000

(255.255.24.64)

En pratique, on utilise des bits contigus.

Exemple de découpage

➤ Si on veut découper un réseau de classe C en deux sous réseaux, on utilise le masque 255.255.255.128 ($128_{10}=10000000_2$).

Après découpage, on obtient $256/2-2=126$ adresses. On obtient $126 \times 2 = 252$ adresses.

Les bornes de chaque sous réseau sont :

s.réseaux1.0 → s.réseaux1.127

s.réseaux2.128 → s.réseaux1.255

Exemple de découpage (classe C)

Nombre de s. réseaux	Valeur binaire	Valeur décimale	Nombre de machines
2	1000 0000	128	252
4	1100 0000	192	248
8	1110 0000	224	240
16	1111 0000	240	224
32	1111 1000	248	192
64	1111 1100	252	128

Exemple de découpage en 4 SR (A, B)

Classe	Masque de SR	Sous réseau	Zone d'adressage
A 10.0.0.0	255.192.0.0	Sr1	10.0.0.1 à 10.63.255.254
		Sr2	10.64.0.1 à 10.127.255.254
		Sr3	10.128.0.1 à 10.191.255.254
		Sr4	10.192.0.1 à 10.255.255.254
G 172.16.0.0	255.255.192.0	Sr1	172.16.0.1 à 172.16.63.254
		Sr2	172.16.64.1 à 172.16.127.254
		Sr3	172.16.128.1 à 172.16.191.254
		Sr4	172.16.192.1 à 172.16.255.254

Exemple de découpage en 4 SR (C)

Classe	Masque de SR	Sous réseau	Zone d'adressage
C 192.168.1.0	255.255.255.192	Sr1	192.168.1.1 à 192.168.1.62
		Sr2	192.168.1.65 à 192.168.1.126
		Sr3	192.168.1.129 à 192.168.1.190
		Sr4	192.168.1.193 à 192.168.1.254

Exemple de découpage en 4 SR (A, B)

Classe	Sous réseau	Adresse de réseau	Adresse de diffusion
A 10.0.0.0	Sr1	10.0.0.0	10.63.255.255
	Sr2	10.64.0.0	10.127.255.255
	Sr3	10.128.0.0	10.192.255.255
	Sr4	10.192.0.0	10.255.255.255
G 172.16.0.0	Sr1	172.16.0.0	172.16.63.255
	Sr2	172.16.64.0	172.16.127.255
	Sr3	172.16.128.0	172.16.191.255
	Sr4	172.16.192.0	172.16.255.255

Exemple de découpage en 4 SR (C)

Classe	Sous réseau	Adresse de réseau	Adresse de diffusion
C 192.168.1.0	Sr1	192.168.1.0	192.168.1.63
	Sr2	192.168.1.64	192.168.1.127
	Sr3	192.168.1.128	192.168.1.191
	Sr4	192.168.1.192	192.168.1.255

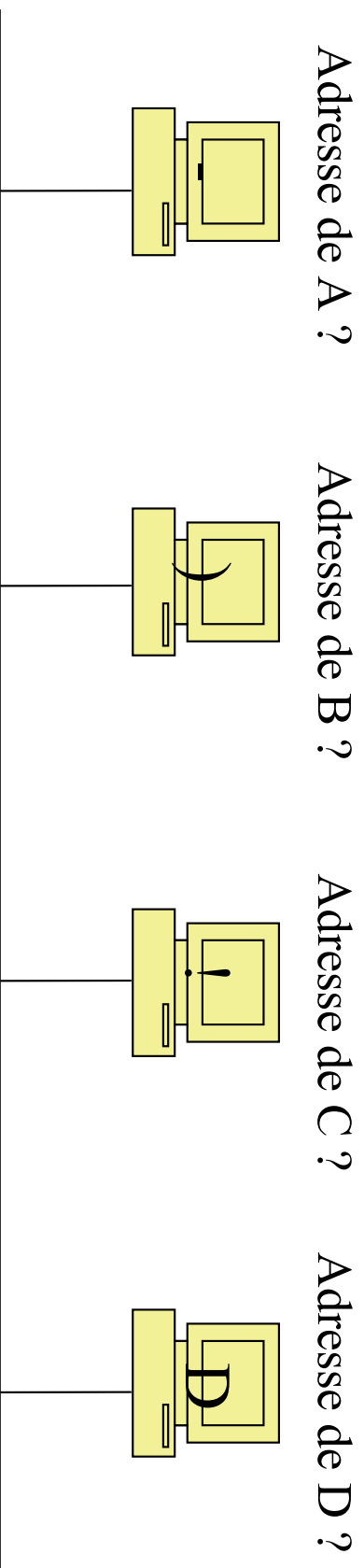
Notation /n

/n à la suite d'une adresse IP indique que les n premiers bits servent au routage. n représente donc la longueur du masque de réseau.

/8	255.0.0.0	11111111.00000000.00000000.00000000
/16	255.255.0.0	11111111.11111111.00000000.00000000
/19	255.255.224.0	11111111.11111111.11100000.00000000

Adressage physique

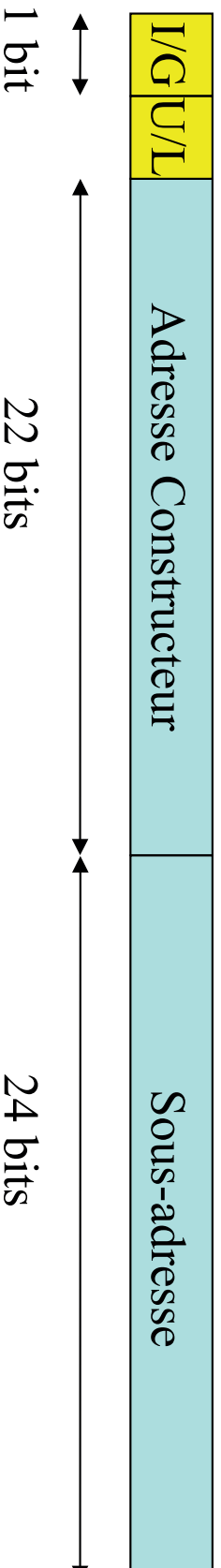
Dans le cas d'une liaison multipoint, il est nécessaire de disposer d'une adresse physique pour chaque machine.



Adresse MAC (Media Access Control)

- L'adressage MAC est codé sur 48 bits. Elle permet d'identifier de manière unique un nœud dans le monde.
- La notation hexadécimale qui est utilisée (aa-aa-aa-aa-aa)

Format d'une adresse MAC



I/G (Individual/Group)

- si le bit est à 0 alors l'adresse spécifie une machine unique (et non un groupe).

U/L (Universal/Local)

- si le bit est à 0 alors l'adresse est universelle et respecte le format de l'IEEE.

Adresse Constructeur

Une adresse universelle est attribuée par l'IEEE à chaque constructeur.

Exemple:

Constructeur	Adresse (3 octets)
Cisco	00-00-0C
3Com	00-00-D8, 00-20-AF, 02-60-8C, 08-00-02
Intel	00-AA-00
IBM	08-00-5A

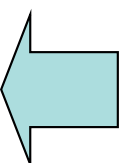
Sous-adresse

La partie sous-adresse est propre au constructeur. Cette partie peut être identique pour deux constructeurs différents.

Adresse Constructeur (unique)

W

Sous-adresse (non unique)



Adresse MAC (unique)

Exemple d'adresse MAC

00-0F-20-29-54-A0

Types d'adressage

- Adresse pour la diffusion générale (broadcasting) : tous les bits à 1
- Adresse pour la diffusion restreinte (multicasting) : bit I/G à 1
- Adresse correspondant à un unique destinataire (unicasting) : bit I/G à 0

Linux : ifconfig

```
lakhouaja@alkhalil:~$ ifconfig eth0
    link encap:Ethernet HWaddr 00:23:18:bc:19:03
    inet addr:192.168.1.1 Bcast:192.168.1.255 Masque:255.255.255.0
    UP BROADCAST MULTICAST MTU:1500 Metric:1
    RX packets:0 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0
    TX packets:0 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0
    collisions:0 lg file transmission:1000
    RX bytes:0 (0.0 B) TX bytes:0 (0.0 B)
    Interruption:20 Mémoire:d4600000-d4620000
```

windows : ipconfig/all

```
C:\Windows\system32\cmd.exe

C:\Users\fso>ipconfig/all

Configuration IP de Windows

Nom de l'hôte      : fso-PC
Suffixe DNS principal : 
Type de noeud      : Hybride
Routage IP activé   : Non
Proxy WINS activé   : Non

Carte Ethernet Connexion au réseau local :

Suffixe DNS propre à la connexion. . . : 
Description. . . . . : Carte Intel(R) PRO/1000 MT pour stat
Adresse physique . . . . . : 08-00-27-D6-1F-E1
Configuration automatique activée. . . : Oui
Adresse IPv6 de liaison locale. . . . : fe80::6575:3701:7fbc:4527%11(préfér
Adresse IPv4. . . . . : 10.0.2.15(préfér
Masque de sous-réseau. . . . . : 255.255.255.0
Date d'expiration. . . . . : vendredi 18 octobre 2013 12:16:18
```

Trame ethernet

Adresse MAC destination (48 bits)	Adresse MAC source (48 bits)	Type de trame (16 bits)	Données (46 à 1500 octets)	CRC (24 bits)
--------------------------------------	---------------------------------	----------------------------	-------------------------------	------------------

Type de trame (protocole utilisé) :

- 0x0800 : IP (Internet Protocol)
- 0x0806 : ARP (Address Resolution Protocol)
- 0x8035 : RARP (Reverse ARP)

CRC (Cyclic Redundancy Code) :

Permet de détecter les erreurs de transmission

Protocole ARP

Objectif: La communication entre machines ne peut s'effectuer qu'à travers l'interface physique or les applications ne connaissant que des adresses IP, comment établir le lien adresse IP / adresse physique?

Le protocole: ARP (Address Resolution Protocol) permet de fournir à une machine donnée l'adresse physique d'une autre machine située sur le même réseau à partir de l'adresse IP

Technique: Une machine émet un message contenant l'adresse IP dont elle veut l'adresse physique

La machine concernée répond; les autres machines ne répondent pas

Protocole RARP

Objectif : L'adresse IP d'une machine est configurable (elle dépend du réseau sur laquelle elle se trouve) et est souvent enregistrée sur la mémoire secondaire où le système d'exploitation l'accède au démarrage.

→ Ce fonctionnement usuel n'est plus possible dès lors que la machine est une station sans mémoire secondaire. Il faut déterminer un mécanisme permettant à la station d'obtenir son adresse IP depuis le réseau.

Protocole RARP

Le protocole RARP (*Reverse Address*

Resolution Protocol) permet d'obtenir son adresse IP à partir de l'adresse physique qui lui est associée.

Technique

On utilise un serveur RARP sur le réseau physique qui fournit les adresses IP associées aux adresses physiques des stations du réseau.

Protocole DHCP

Le protocole DHCP (Dynamic Host

Configuration Protocol) est un protocole de configuration dynamique d'hôtes. Il se base sur un serveur qui permet d'attribuer des adresses IP aux machines qui en font la demande.

Remarque: pour limiter le nombre d'adresses allouées, il est possible de fixer une période fixe d'allocation. Juste avant la fin de cette période, la machine doit renouveler sa demande.

Protocole ICMP

**Beaucoup d'erreurs sont rencontrées sur l'Internet :
machine destination déconnectée
durée de vie du datagramme expirée
congestion de passerelles intermédiaires.**

Si une passerelle détecte un problème sur un datagramme IP, elle le détruit et émet un message ICMP (Internet Control Message Protocol) pour informer l'émetteur initial.

Les messages ICMP sont véhiculés à l'intérieur de datagrammes IP et sont routés comme n'importe quel datagramme IP sur l'internet.

Protocole ICMP

➤ Une erreur engendrée par un message ICMP ne peut donner naissance à un autre message ICMP (pas d'effet cumulatif)

➤ Les informations contenues dans un message ICMP sont :

TYPE 8 bits ; type de message

H·\$' 8 bits ; informations complémentaires

CHECKSUM 16 bits ; champ de contrôle

HEAD-DATA en-tête du datagramme incriminé
avec 64 premiers bits des données.

Les différents messages

<u>TYPE</u>	<u>Message ICMP</u>
0	Réponse d'écho
(	Destination inconnue
4	Limitation du débit par la source
5	Redirection
-	Requête d'écho
11	Temps expiré (TTL – Time To Live)
12	Problème avec un paramètre IP
13	Requête d'horodatage
14	Réponse d'horodatage
17	Requête de masque d'adresse
18	Réponse de masque d'adresse

Exemples de messages

➤ Demande d'écho et réponse d'écho

- permet à une machine ou un routeur de déterminer la validité d'un chemin sur le réseau
- Utilisé par les outils tels **ping** et **tracert** (Linux)/**tracert** (Windows)

➤ Synchronisation des horloges

- Les horloges de deux machines qui diffèrent de manière importante peuvent poser des problèmes pour des logiciels distribués
- Une machine peut émettre une demande d'horodatage à une autre susceptible de répondre en donnant l'heure d'arrivée de la demande et l'heure de départ de la réponse.
- L'émetteur peut alors estimer le temps de transit ainsi que la différence entre les horloges locale et distante.

Les messages d'erreur

Lorsqu'un routeur émet un message ICMP de type « destination inaccessible », le champ code précise :

- 0 Réseau inaccessible
- 1 Machine inaccessible
- 2 Protocole inaccessible
- 3 Port inaccessible
- ...

DNS (Domain Name System)

Objectif : Un utilisateur mémorise plus facilement un nom de machine sous forme textuelle or les applications ne connaissant que des adresses IP, comment établir le lien nom de machine / adresse IP?

Le DNS

Objectif : fournir à une machine donnée l'adresse IP de la machine a atteindre.

Technique :

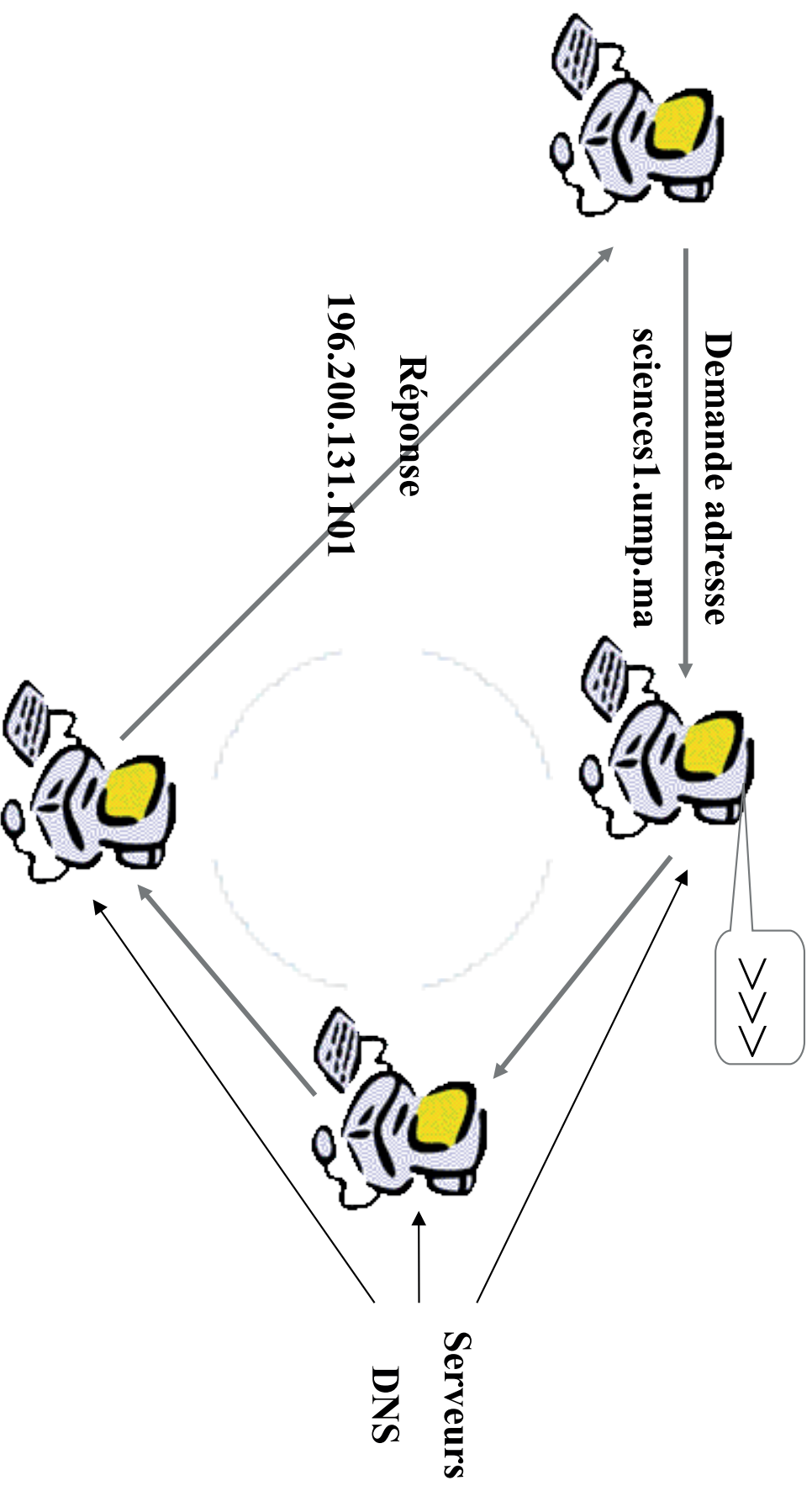
La machine émet au serveur DNS un message contenant le nom de la machine à atteindre

La machine concernée répond en renvoyant l'adresse IP, ou sollicite un autre serveur DNS.

Le principe

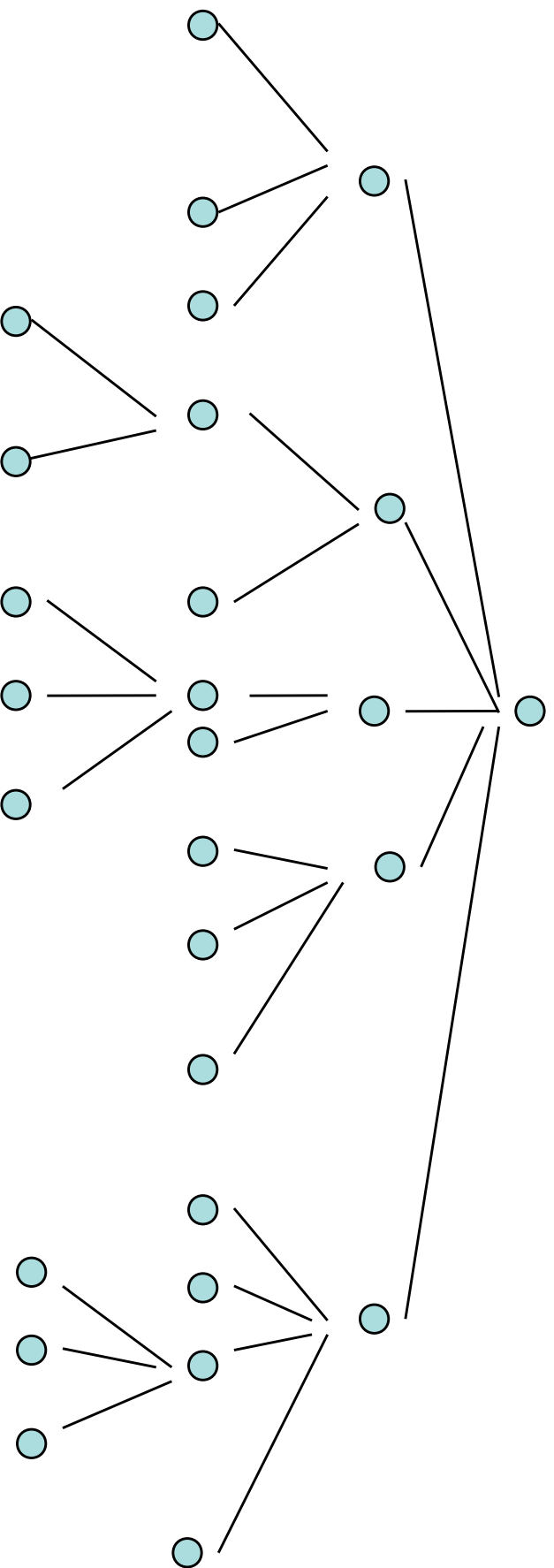
- ... **.ump.ma** identifie la machine **www** sur le réseau **ump.ma**
- Le système est mis en œuvre par une base de données distribuée au niveau mondial
- Les noms sont gérés au niveau mondial
- basé sur le modèle client/serveur
- le logiciel client interroge un serveur de noms

Architecture DNS



L'espace Nom de domaine

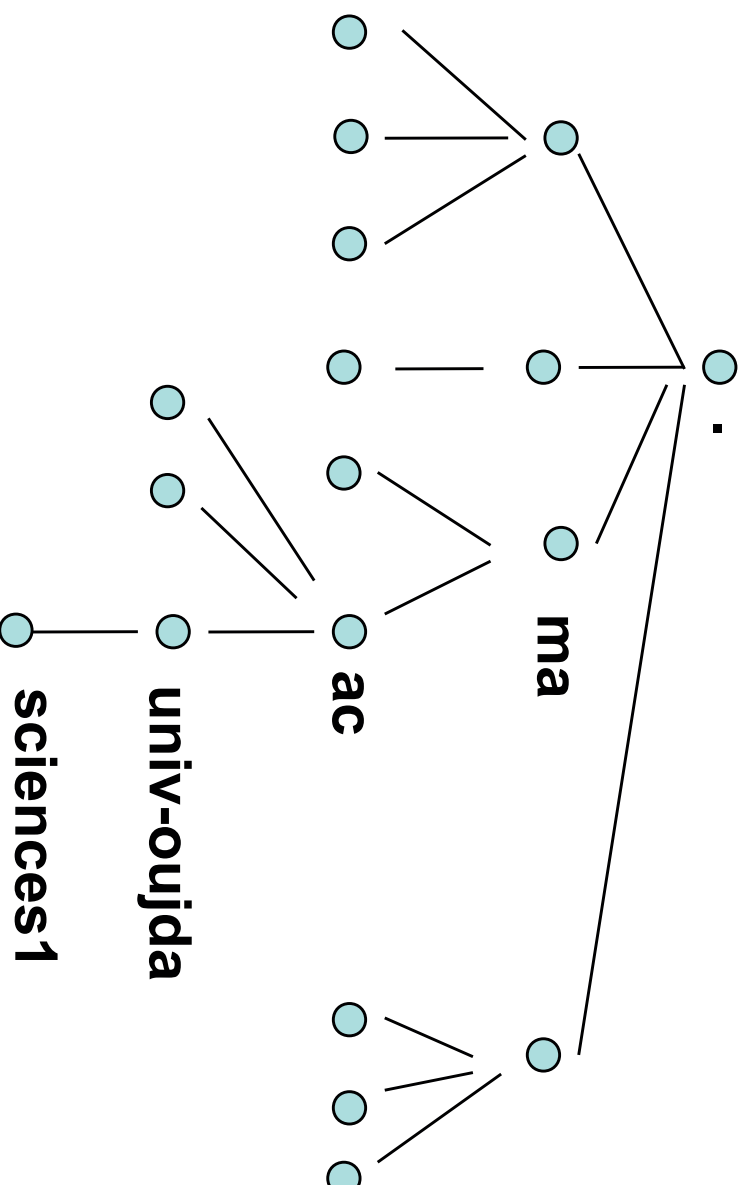
- Chaque unité de donnée dans la base DNS est indexée par un nom
- Les noms constituent un chemin dans un arbre appelé **l'espace Nom de domaine**



- Chaque noeud est identifié par un nom
- la racine (root) est identifiée par «.»
- il y a 127 niveaux au maximum

Les noms de domaine

Un nom de domaine est la séquence de labels depuis le noeud de l'arbre correspondant jusqu'à la racine

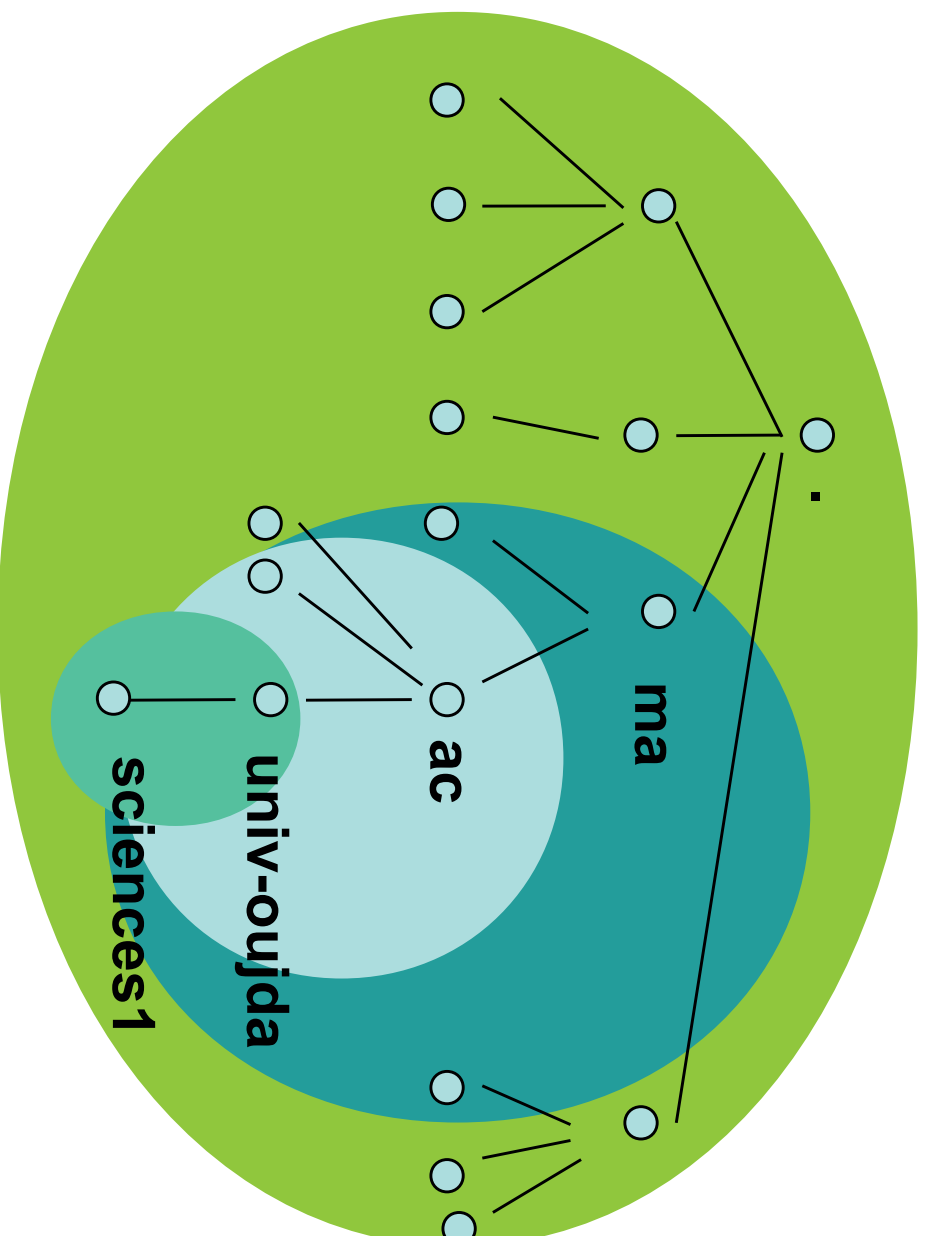


Deux noeuds fils ne peuvent avoir le même nom

→ Unicité d'un nom de domaine au niveau mondial

Le domaine

Un domaine est un sous-arbre



Domaine complet

● **Domaine ma**

● **Domaine ac**

Domaine univ-oujda

Domaines et sous-domaines

- le domaine **ma** comprend le noeud **ma** et tous les noeuds contenus dans tous les sous-domaines de **ma**
- Un nom de domaine est un index dans la base DNS
 - sciences1.ump.ma
 - pointe vers une adresse IP
 - ump.ma
 - pointe vers des informations de routage, de courrier électronique et éventuellement des informations de sous-domaines
 - ma
- pointe vers des informations structurelles de sous-domaines

Domaines racine

- Le système DNS impose peu de règles de nommage :
 - noms < 63 caractères
 - majuscules et minuscules non significatives
 - pas de signification imposée pour les noms
- Le premier niveau de l'espace DNS fait exception
 - domaines racines prédéfinis :
 - com : organisations commerciales ; ibm.com
 - edu : organisations concernant l'éducation ; mit.edu
 - gov : organisations gouvernementales ; nsf.gov
 - mil : organisations militaires ; army.mil
 - net : organisations réseau Internet ; worldnet.net
 - org : organisations non commerciales ; eff.org
 - int : organisations internationales ; nato.int
 - arpa : domaine réservé à la résolution de nom inversée
 - organisations nationales : ma, fr, uk, de ...

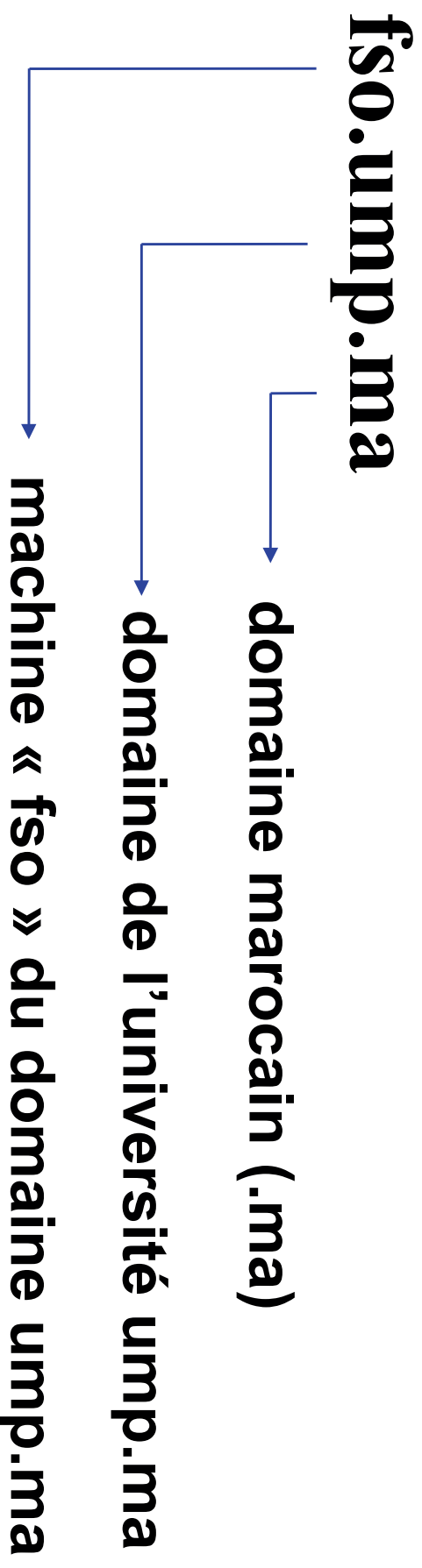
Domaines racine

- **Nouveaux domaines racine :**
 - **biz, tv, info ...**
- **Les divisions en sous-domaines existent dans certains pays et pas dans d'autres :**
 - **co.ma, gov.ma, ac.ma**
 - **edu.au, com.au, ...**
 - **co.uk, ac.uk, ...**

Lecture des noms de domaine

A l'inverse de l'adressage IP la partie la plus significative se situe à gauche de la syntaxe :

196.200.131.101	fso.ump.ma
→	→
vers le plus significatif	vers le plus significatif



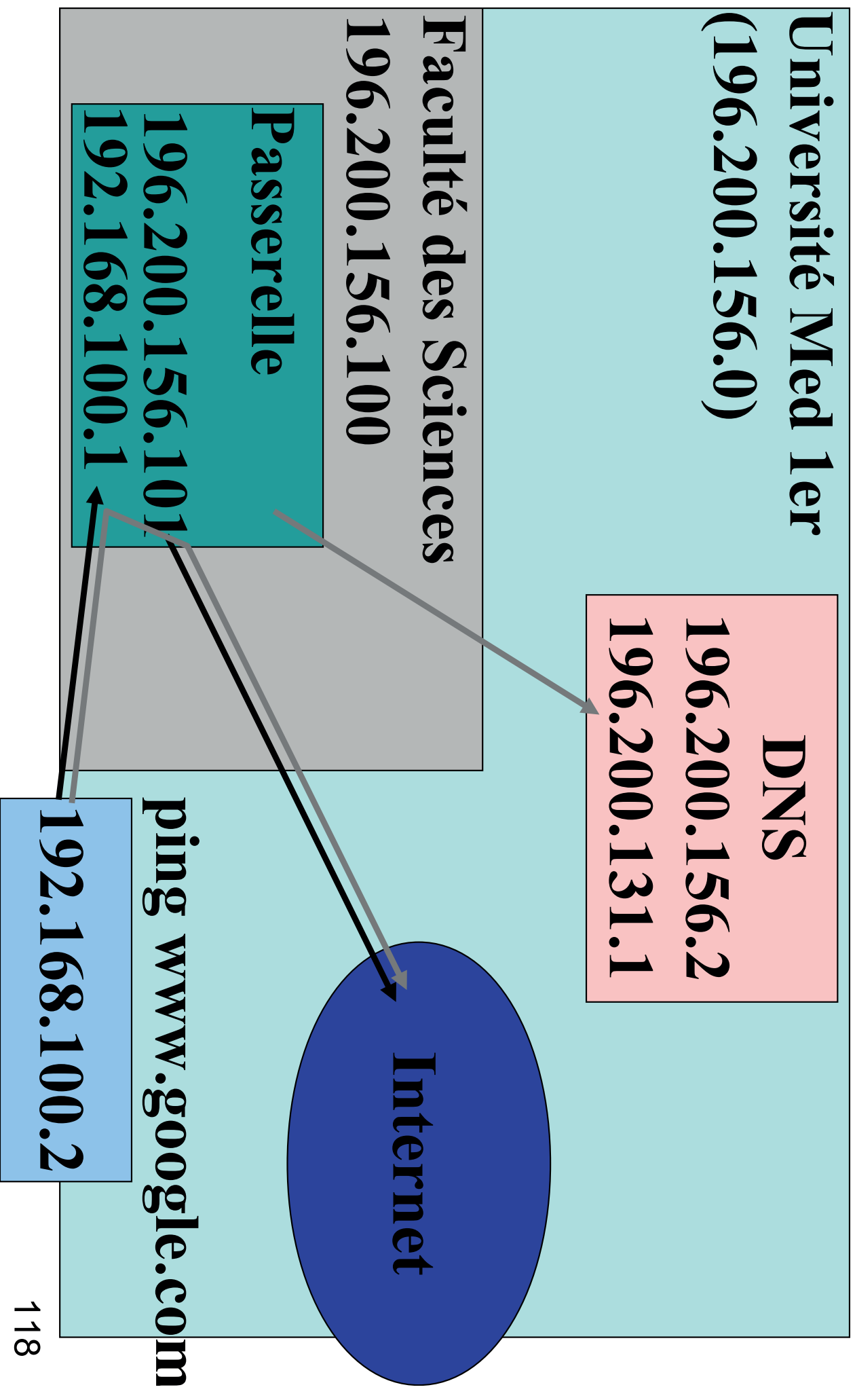
Création de sous réseaux virtuels

- Un réseau de classe C ne permet de créer que 254 hôtes : le réseau de la faculté ne peut avoir que 254 adresse IP, or cette dernière dispose de plus de 500 ordinateurs.
- Pour pouvoir connecter toutes ces machines à Internet on utilise des passerelles.

Passerelle

- Une passerelle (Gateway) est une machine qui dispose de deux (ou plusieurs) cartes réseaux.
- Une carte avec une adresse IP réelle et les autres cartes avec des adresses privées choisis par l'administrateur.

Exemple : Faculté des Sciences



Configuration d'un réseau sous Windows XP

Clic droit sur « Favoris Réseaux », puis un clic sur propriétés

Configuration d'un réseau sous Windows XP

Clic droit sur l'icône «Connexion au réseau local», puis puis un clic sur propriétés

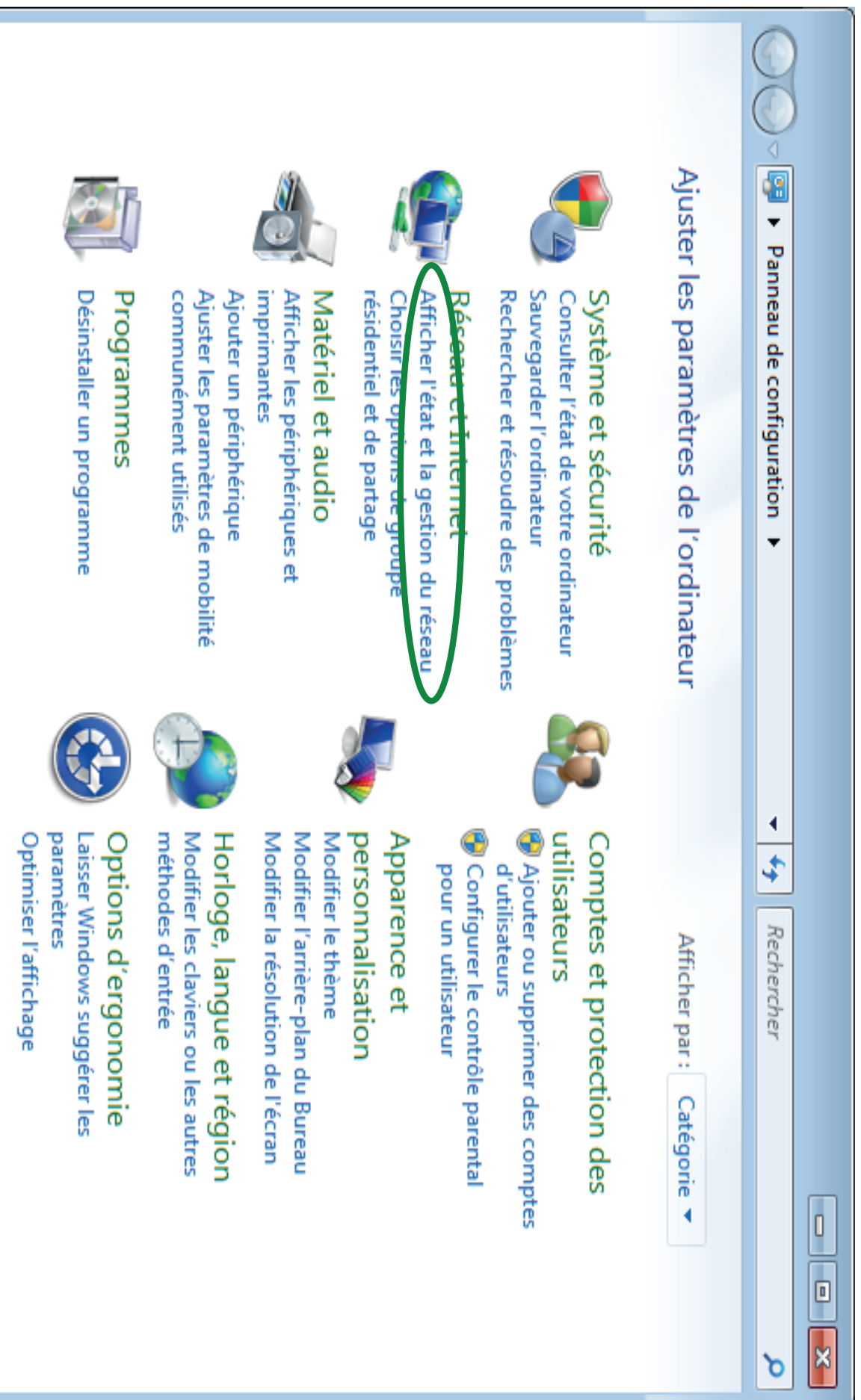
Configuration d'un réseau sous Windows

Double-clic « Protocole Internet (TCP/IP) »

Saisir les informations

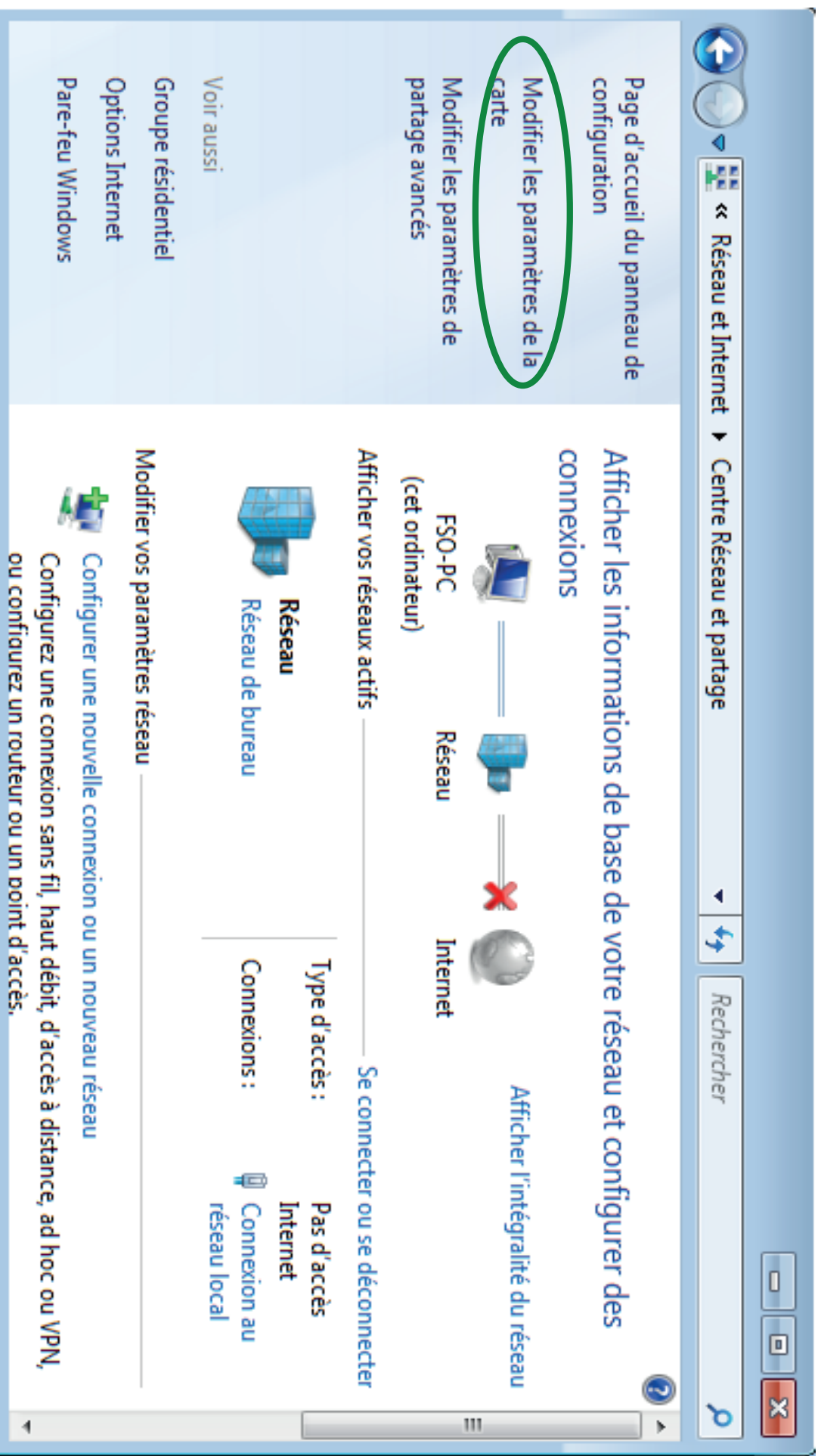
Configuration du réseau sous Windows 7

Cliquez sur « Démarrer » puis sur « Panneau de configuration puis choisir « afficher l'état et la gestion du Réseau »



Configuration du réseau sous Windows 7

Cliquez ensuite sur « Modifier les paramètres de la carte ». Le reste est analogue à Windows XP.



Configuration réseau sous Linux

mode console

Configuration de l'IP et du masque de sous réseau

```
ifconfig eth0 192.168.10.12 netmask 255.255.255.0 up
```

Configuration du passerelle

```
route add default gw 192.168.10.1
```

Pour avoir de l'aide sur une commande :

`man commande`

`man route`

Configuration réseau sous Linux

mode console

Pour la configuration du DNS, mettre dans le fichier /etc/resolv.conf

search ump.ma

nameserver 196.200.156.2

nameserver 196.200.131.1

Configuration réseau sous Linux

mode console

Fichier /etc/hosts (pour la configuration DNS local)

127.0.0.1	localhost.localdomain	localhost
192.168.101.2	m10-bis.ump.ma	m10-bis
192.168.101.1	m10.ump.ma	m10