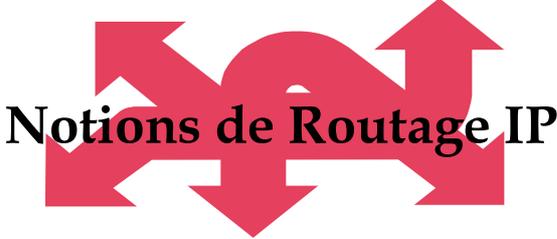
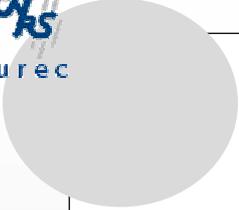


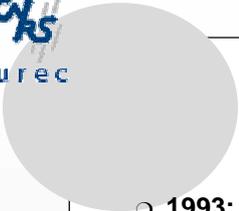
  
urec



# Notions de Routage IP

cours@urec.cnrs.fr

  
urec



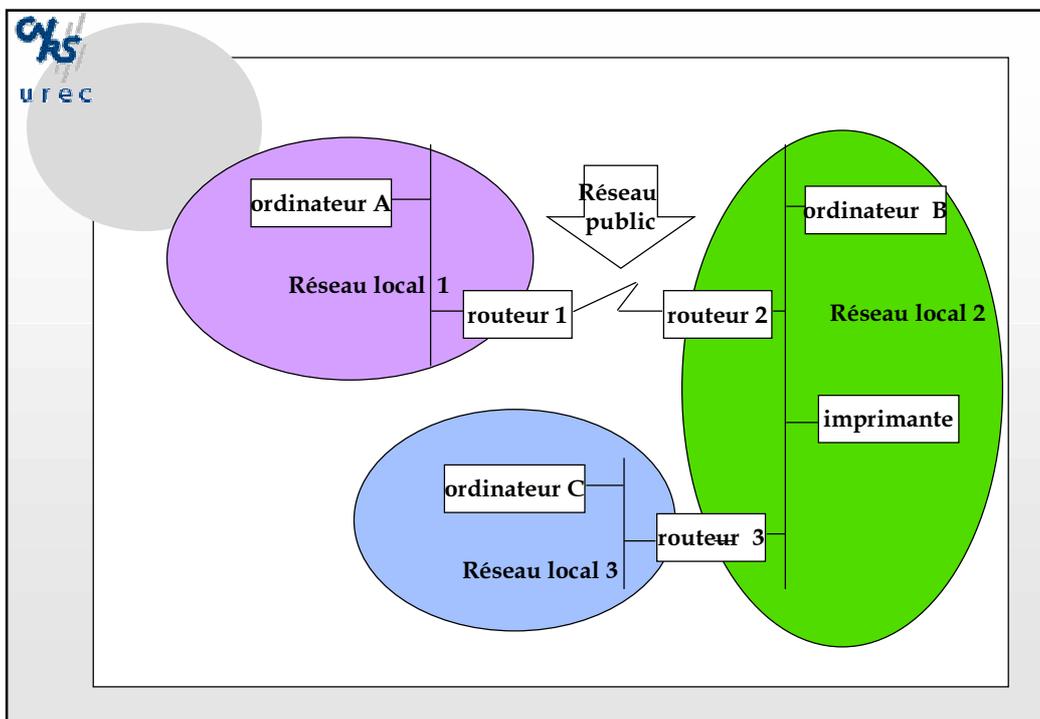
# Routage IP

- 1993: création jean Luc Archimbaud
- Modifications
  - 1995 Bernard Tuy
  - 1996 Bernard Tuy
  - 1997 Bernard Tuy
  - 1998 Bernard Tuy

urec

## Plan

- Problématiques
- principes
- Routage dans un réseau local: routage statique
- Routage dans le réseau de site
  - routage statique
  - routage dynamique
- Routage vers l'extérieur



A (@iP1, Réseau 1)  
R1 (@iP10, Réseau 1)

C (@iP1, Réseau 3)  
R3 (@iP10, Réseau 3)

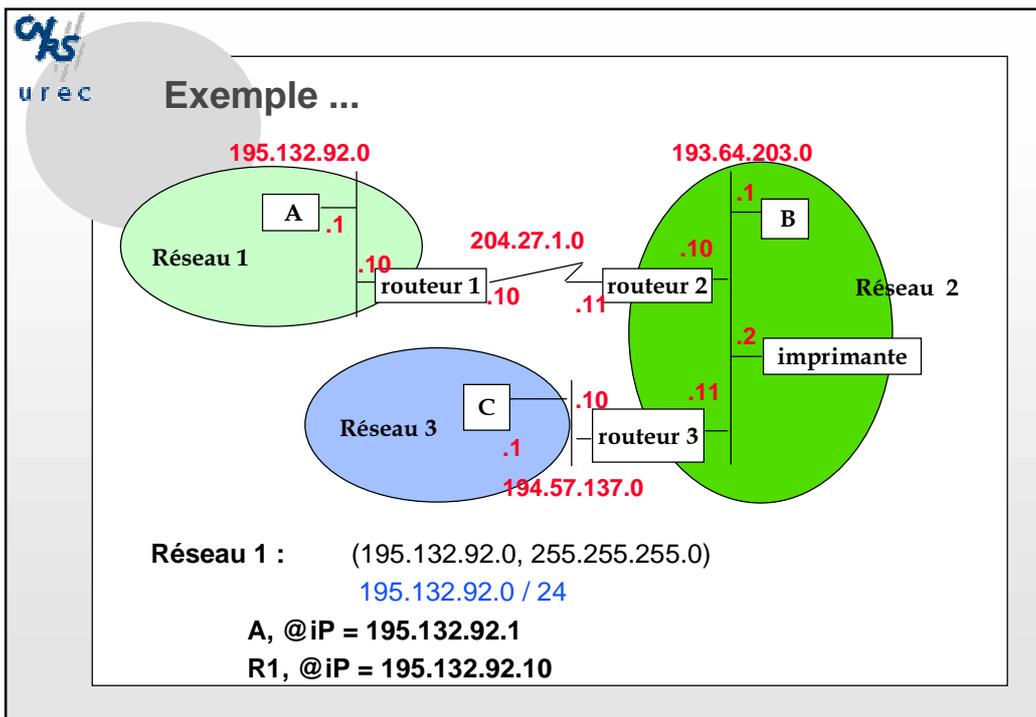
R1 (@iP10, Réseau 4)  
R2 (@iP11, Réseau 4)

B (@IP1, Réseau 2)  
R2 (@IP10, Réseau 2)  
I (@IP2, Réseau 2)  
R3 (@iP11, Réseau 2)

- Un routeur (de frontière) ne connaît que les adresses réseaux
- On déduit l'adresse du réseau à partir du couple : (@IP, netmask)
- Un équipement de routage permet d'acheminer un datagramme d'un réseau vers un autre réseau.

## Qui doit faire du routage ?

- Un équipement sur un réseau local :
  - atteint directement les machines sur le même segment (ARP).
  - Pour atteindre des équipements sur un autre réseau (ou sous-réseau)  
=> informations de routage.
  - `ifconfig` permet à l'équipement de savoir sur quel réseau ( sous réseau) il se trouve
    - `ifconfig eth0 130.190.4.1 netmask 255.255.255.0 broadcast`  
...
- Les Equipements de routage :
  - Une station avec 2 cartes Ethernet connectée à 2 réseaux.
  - Un routeur (Cisco, Bay Networks, Xyplex, ACC, ...)



- urec
- ### ROUTAGE IP : Principes
- **Routing IP basé uniquement sur l'adresse du destinataire**
  - Chaque équipement du réseau local
    - sait atteindre un autre équipement du même réseau : ARP
    - sait atteindre un équipement d'un autre réseau, s'il existe au moins un équipement de routage pour acheminer les datagrammes à l'extérieur du réseau local
  - Les informations de routage sont mémorisées dans la table de routage des équipements
  - Cette table doit être périodiquement mise à jour

## ROUTAGE IP : Principes (2)

- Mise à jour de la table de routage :
  - Manuelle = **Routage statique**
    - commandes "route" des station unix
    - langage de commande des routeurs (ip route ...)
  - Automatique = **Routage dynamique**
    - Processus sur les stations et les routeurs
    - Echanges d'informations de routage : protocoles de routage
  - Mixte : **Routage statique et dynamique**

## Tables de Routage

- Accès à la table de routage :
  - d'une **station Unix** :  
netstat -r[n]
  - d'un **routeur (Cisco)**  
sh ip route [sum]
- Contenu minimal :  
le réseau auquel l'équipement est directement connecté  
+ une route par défaut (sauf considérations de sécurité)

## Routage : organisation hiérarchique

Distinguer le routage dans le réseau local	LAN
du routage de site (ensemble de réseaux locaux)	MAN
du routage "longue distance" (hors du site)	WAN

## Le routage dans le réseau local

- Pour une machine raccordée au réseau local,
  - doit-elle accéder à (être accédée depuis) d'autres équipements du réseau?
  - sécurité totale ou partielle (accès limité à / depuis le LAN) ?
- Si la réponse est NON ..... Pas de routage
  - soit elle n'a pas d'interface réseau
  - soit la table de routage est limitée au réseau local (ifconfig)
- Si la réponse est OUI (accès à / depuis tout l'Internet)
  - la table de routage contient
    - l'@ du réseau local et l'adresse du Routeur Frontière.  
(route par défaut, ou route statique vers le routeur frontière)

## Le routage dans le réseau local (2)

- Si la réponse est OUI MAIS..... Routage statique

Pour des raisons de sécurité:

- certains réseaux sont autorisés:

la table de routage contient :

- l'@ du réseau local
- l'@ de chacun des réseaux distants autorisés (voire l'@ iP des machines autorisées dans ces réseaux distants)

- certains réseaux sont interdits

=> filtrage des réseaux dont on veut se protéger sur les routeurs (sur les machines)

## Routes Statiques (1)

- Commande *route*

- Permet d'indiquer une route :

- vers un réseau (net) ou vers un équipement (host)
- ou une route par défaut (default).

- Syntaxe:

*route add |delete [net|host] destination |default gateway metric*

**En général, sur les équipements non routeurs on définit uniquement une route par défaut.**

## Routage statique : exemple

sur la machine B :

```
ifconfig eth0 193.64.203.1 netmask 255.255.255.0 broadcast  
193.64.203.255
```

```
route add [net] 195.132.92.0 193.64.203.10 1
```

```
route add 194.57.137.0 193.64.203.11 1
```

## Routage statique : exemple (2)

Sur la machine A :

```
ifconfig le0 195.132.92.1 netmask + broadcast +  
route add default 195.132.92.10 1
```

(au lieu de :

```
route add @ du réseau 2 par R1
```

```
route add @ du réseau 3 par R1)
```

Sur le routeur R1 : (station unix)

```
ifconfig eth0 195.132.92.10 netmask .... .broadcast....
```

```
ifconfig eth1 204.27.1.10 netmask..... broadcast...
```

```
route add default 204.27.1.11 1
```

## Routage statique: exemple (fin)

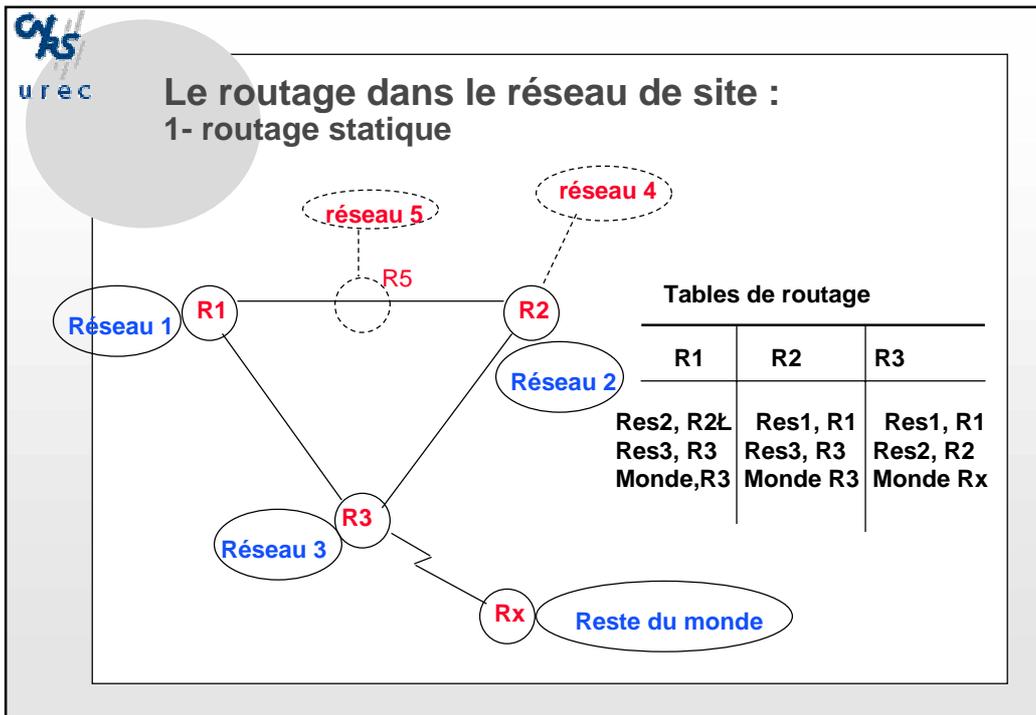
Sur le routeur R2 : (station unix)

```
ifconfig le0 193.64.203.10 netmask... broadcast...
ifconfig le1 204.27.1.11 netmask... broadcast...
route add 195.132.92.0 204.27.1.10 1
route add 194.57.137.0 193.64.203.11 1
```

## ICMP redirect

Le routage statique n'est pas complètement statique :

- si la machine **B** (mal configurée) envoie un datagramme IP pour la machine **A** au routeur **R3**
- **R3** envoie ce datagramme à **R2** qui le transmet à **R1** qui le délivre à **A**
- Puis **R3** envoie un message *ICMP redirect* à **B** disant que pour atteindre **A** il faut passer par **R2**.
- **B** ajoutera cette information dans sa table de routage
  - s'il supporte *ICMP redirect*
- Ce mécanisme évite la mise à jour manuelle de toutes les machines quand on ajoute un routeur
  - => par contre, il faudra mettre à jour les routeurs



urec

## Problèmes du routage statique :

**Statique =**

- mise à jour manuelle de tous les équipements du réseau
- Difficile de gérer la redondance de routes (connaissance détaillée de la topologie)

=> vital en cas de rupture de lien

**Boucle possible quand un lien est coupé**

**On recommande en général :**

Stations => Routage statique

Routeurs => Routage dynamique

**Avec un routage statique**

Une station ne peut atteindre que les réseaux qu'on lui indique par les commandes **route**.

## ROUTAGE DYNAMIQUE (1)

- Le routage dynamique s'appuie sur des protocoles spécifiques : protocoles de routage.
- Principe
  - Diffusion **périodique** sur le réseau des informations de routage
  - Les équipements de routage :
    - échangent leurs informations de routage
    - mettent à jour leur table de routage

## Routage dans le Réseau de Site ex.: Routing Information Protocol (RFC1058)

- RIP : **Distance Vector Routing Protocol**
- Algorithme de Bellman-Ford
  - Chaque équipement de routage calcule la **distance qui le sépare des destinations connues** dans le domaine d'administration
- La **distance** est calculée à partir des informations reçues des voisins.
- Un noeud construit donc sa table de routage en fonction des informations données par ses voisins.

## R.I.P (2)

- L'équipement de routage diffuse (broadcast )
  - toutes les 30 secondes
  - la liste des réseaux qu'il peut atteindre
  - avec leur distance (nombre de sauts)
- Un message RIP est contenu dans un datagramme UDP
  - N° de port = 520
- Daemon `routed` ou `gated` sous Unix
- `router rip` (Cisco)

## R.I.P (3) : exemple

- **R2** envoie un message broadcast sur les réseaux 193.64.203.0 et 204.27.1.0 contenant la table de routage :
  - 193.64.203.0 d = 0
  - 204.27.1.0 d = 0
- **R1** envoie un message de broadcast sur les réseaux 195.132.92.0 et 204.27.1.0
- **R3** envoie un message de broadcast sur les réseaux 194.57.137.0 et 193.64.203.0

### R.I.P (3) : exemple

- A la réception des messages de broadcast chaque routeur met sa table de routage à jour :
- R2:
 

193.64.203.0	d=0	
204.27.1.0	d=0	
195.132.92.0	(d=0 +1)	d=1
204.27.1.0	(d=0 +1)	d=1
194.57.137.0	(d=0 +1)	d=1
193.64.203.0	(d=0 +1)	d=1
- de même pour les routeurs R1 et R3

### R.I.P (5) a changer comment ça marche ?

- Après le boot :
  - la table de routage de R1 :
    - 130.190.4.0 d = 0
    - 130.190.5.0 d = 0
  - la table de routage de R2 :
    - 130.190.4.0 d = 0
    - 130.190.6.0 d = 0

## R.I.P (5) a changer comment ça marche ?

- **Après 30 secondes (ou par mise à jour déclenchée) :**
  - **R1** envoie un message broadcast
  - **R2** met sa table de routage à jour :
    - 130.190.4.0 d = 0 (R1, d = 0 + 1) local
    - 130.190.6.0 d = 0 local
    - 130.190.5.0 d = 1 (R1, d = 0 + 1) R1
  - **R2** envoie un message broadcast
  - **R1** met sa table de routage à jour :
    - 130.190.4.0 d = 0 (R2, d = 0 + 1) local
    - 130.190.5.0 d = 0 (R2, d = 1 + 1) local
    - 130.190.6.0 d = 1 (R2, d = 0 + 1) R2

## Routing Information Protocol (4)

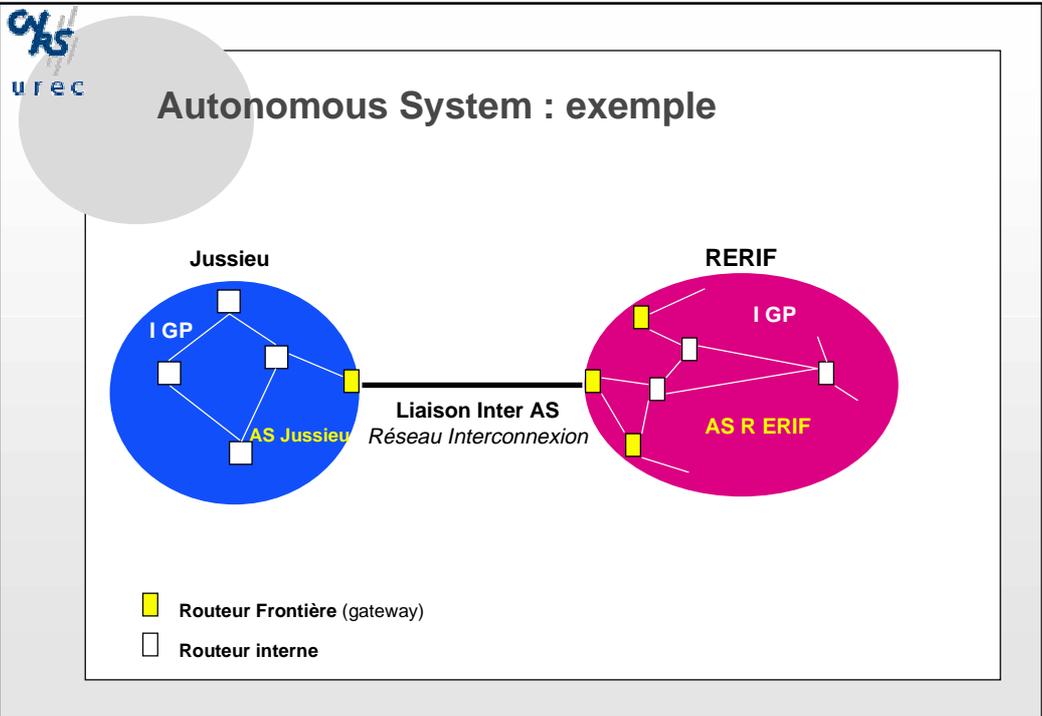
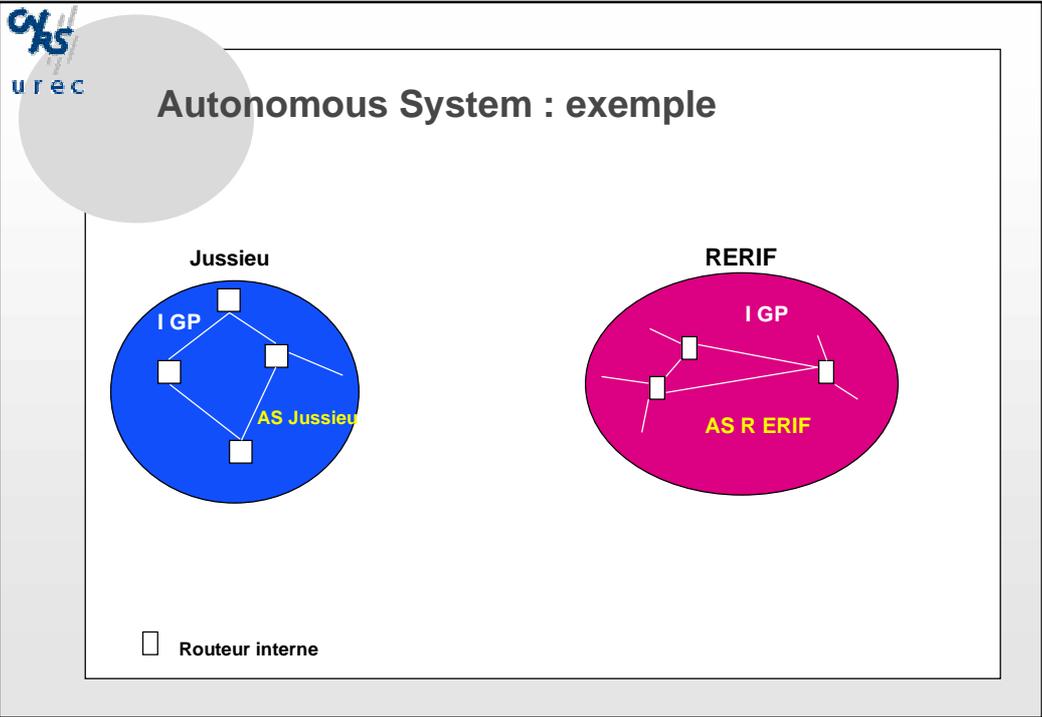
- **Avantages**
  - Très connu, implanté sur tous les équipements de routage.
  - S'adapte automatiquement (panne, ajout de réseau ...)
- **Désavantages**
  - La distance est une information sommaire
    - ne tient pas compte de la charge, du débit, du coût des lignes, ...
  - Distance maximale = 15  
d = 16 signifie réseau inaccessible (distance infinie)
  - Pas de garantie sur l'origine des informations
    - n'importe qui peut dire n'importe quoi
- **Utiliser RIP sur un petit réseau que l'on contrôle**
  - où l'on fait confiance aux administrateurs réseau

## ROUTAGE DYNAMIQUE (2)

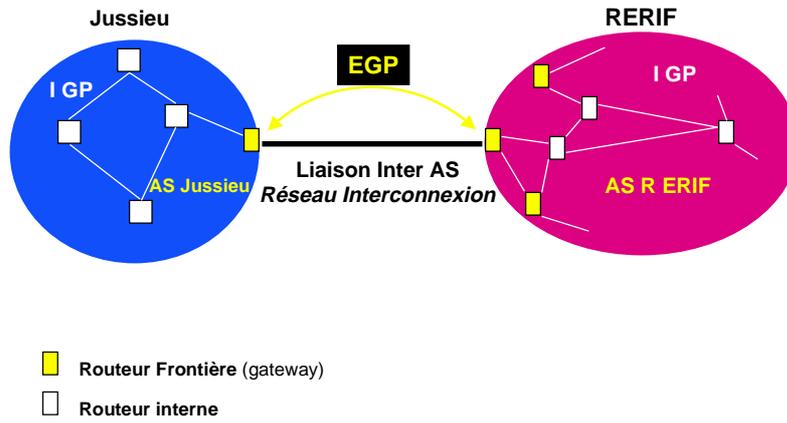
- **Deux types de protocoles de routage**
  - **Interne : Interior Protocol**
    - au sein d'un même Autonomous System
    - ex.: RIP, OSPF, IGRP ...
    - Détermine dynamiquement la meilleure route vers chaque réseau ou sous-réseau.
  - **Externe : Exterior Protocol**
    - Utilisé pour interconnecter les grands réseaux
    - Entre 2 Autonomous Systems (ou plus)
    - ex.: EGP, BGP ...
    - "Interdomain routing protocols"
- **On peut utiliser n'importe quel protocole, mais ...**

## Réseau de Site : Routage vers l'extérieur

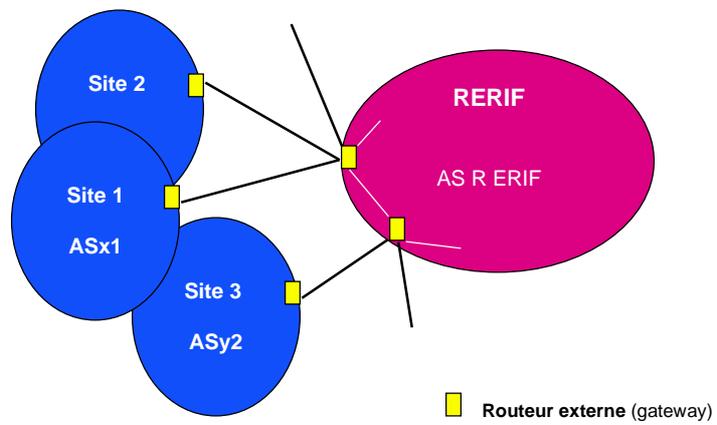
- **Autonomous System (AS)**
  - **"Ensemble de réseaux et de routeurs sous une administration unique"**
    - ex.: entreprise, campus, réseau régional, cœur d'un réseau national
    - toutes les parties d'un AS doivent être connexes
  - **Les numéros d'AS sont délivrés par le NIC-France (hostmaster@nic.fr)**
    - Un numéro = 16 bits (ex:Renater a pour numéro d'AS 1717)
  - **Utilisé par différents protocoles de routage pour l'échange d'informations : EGP, BGP...**



## Autonomous System : exemple



## Autonomous System : exemple (2)



## Protocole de routage externe : ex.: Exterior Gateway Protocol (RFC 904)

- EGP est utilisé pour échanger des informations de routage entre différents Systèmes Autonomes (AS)
- Seul protocole extérieur implanté par la plupart des constructeurs
  - Sera probablement supplanté par BGP
    - BGP : Border Gateway Protocol
- Utilisé à l'origine sur ARPANET entre le CORE et les réseaux locaux connectés par des "gateways"
- destiné aux topologies hiérarchisées ou arborescentes
- Utilisé dans RENATER
  - Entre le routeur de France Telecom et celui de l'abonné
  - les deux routeurs sont reliés par un réseau d'interconnexion

## E.G.P (2)

- Pas de diffusion
  - les routeurs échangent à intervalle régulier des informations deux à deux (peer neighbors)
- Informations d'accessibilité uniquement
  - liste des réseaux accessibles via chaque routeur pair
- Les routeurs s'échangent des messages du type :
  - "Es tu là ?", "oui, je suis là",
  - "envoie moi ta liste de réseaux accessibles ", "voici ma liste", ...

### E.G.P (3)

- Pas de métrique dynamique utilisée
  - sauf pour déclarer une route prioritaire parmi 2 possibles pour la même destination (fixée par l'administrateur réseau)
  - routage "politique"
- Pas d'information sur les sous-réseaux
- S'il y a une boucle : catastrophe
  - infini (distance = 255) => 255 itérations avant de sortir d'une boucle
  - 2 mn x 255 = 8 h 30 mn !