



Institut  
Mines-Télécom

# Réseaux Locaux : interconnexion

Claude Chaudet



# Définition des réseaux locaux

## ■ Derrière (ou entre) les routeurs, il y a de nombreux équipements

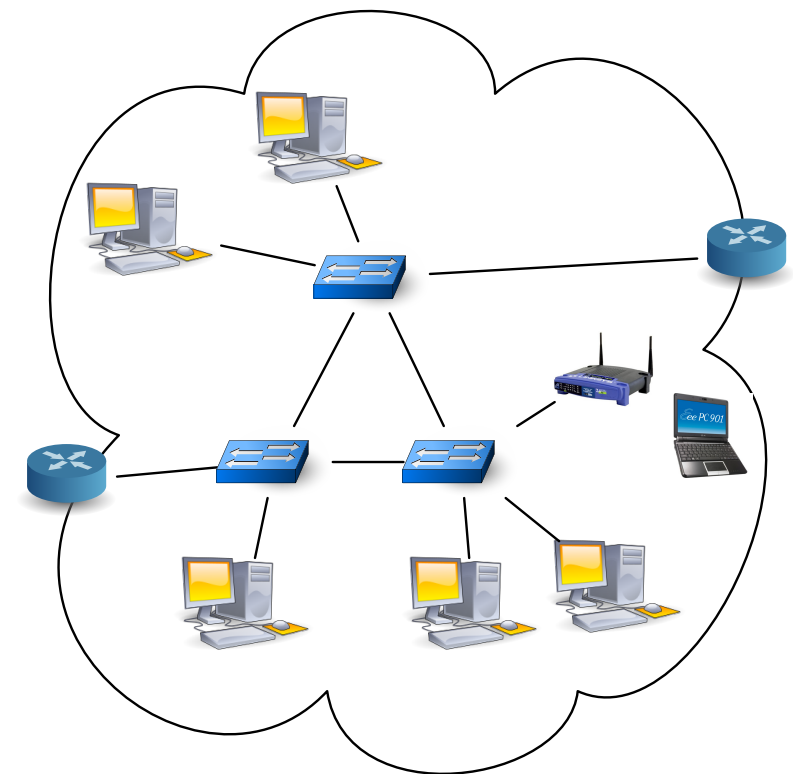
- Terminaux & équipements interconnectés au niveau liaison uniquement (commutateurs, ponts, points d'accès Wi-Fi, etc.)
  - Un réseau local peut être perçu comme un réseau de niveau 2
  - Chaque équipement a une adresse IP, dont l'utilisation est effective mais pas indispensable

## ■ Caractéristiques

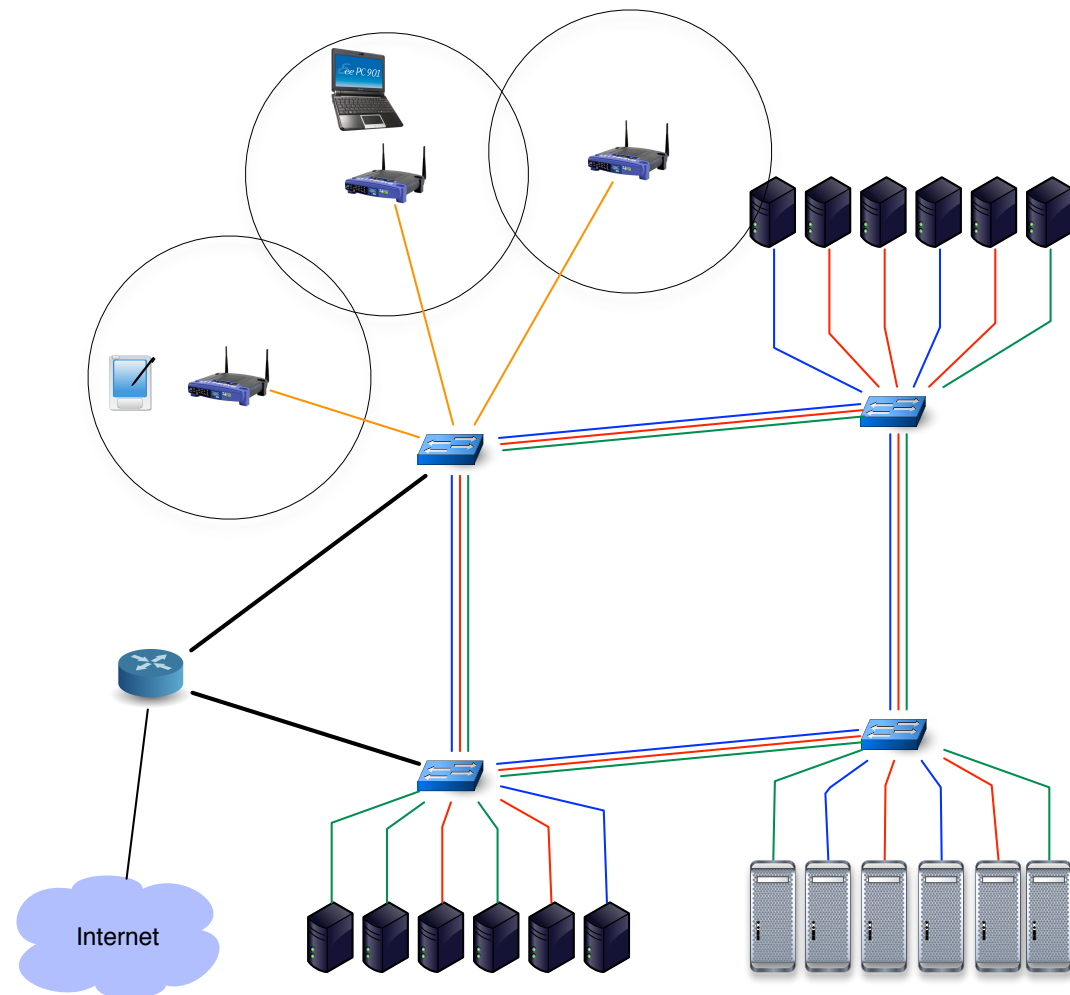
- Restreint à une organisation
- Taille max : de l'ordre de quelques centaines de mètres
  - Contraintes physiques

## ■ Technologie

- Ethernet: 1 Gb/s
- WiFi: 108 Mb/s, 54 Mb/s, 11 Mb/s
- Délai typique : quelques ms



# Un réseau local (LAN) typique



## ■ Ordre de grandeur

- Quelques centaines de stations au maximum

## ■ Plusieurs technologies semblables

- Hétérogénéité assez faible (Wi-Fi, Ethernet, CPL, ...)

## ■ Interconnecté par des commutateurs (switches) et des ponts (bridges)

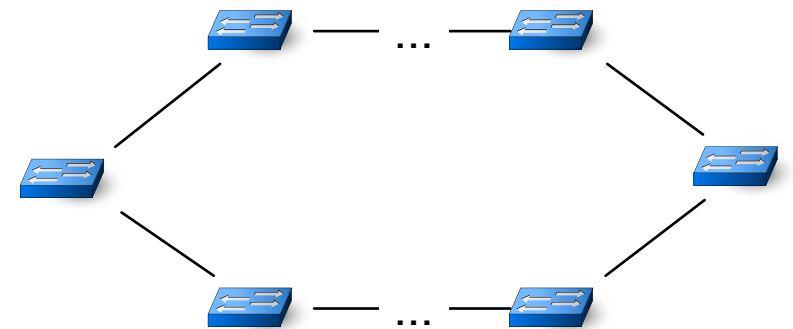
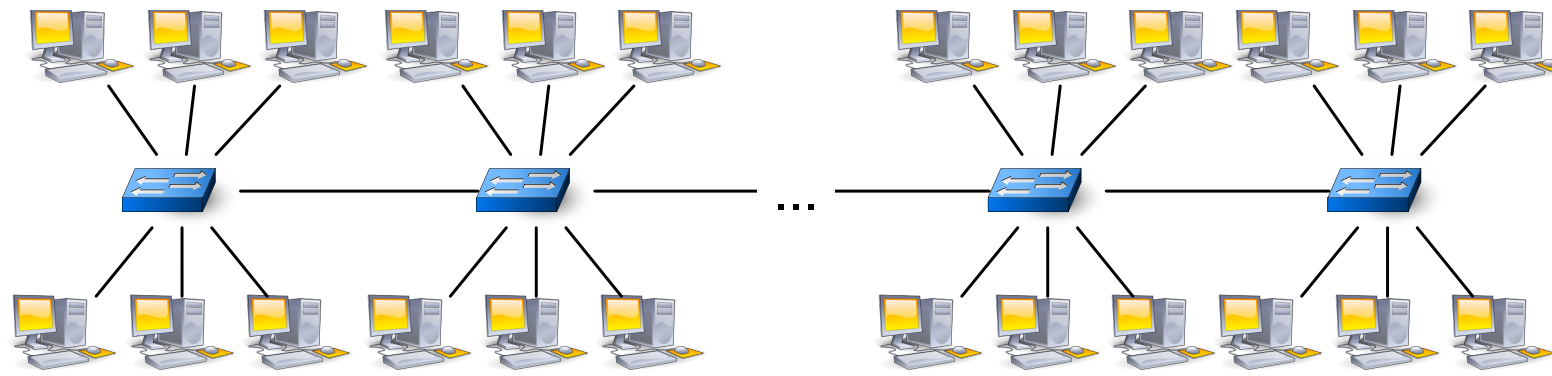
## ■ Connecté à d'autres réseaux

- Une ou plusieurs passerelles

# Construction d'un LAN

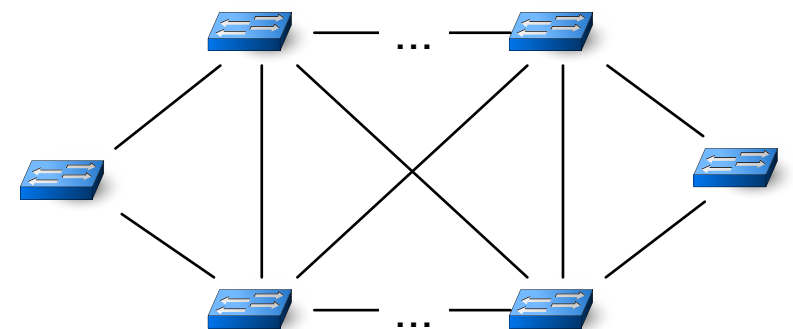
## ■ Comment bien interconnecter les commutateurs ?

- Critères de performance
  - Long chemins = longs délais
  - Goulets d'étranglement
- Critères de fiabilité
  - Faible diversité = faible tolérance aux fautes
  - On privilégie (au delà d'une certaine taille) les architectures redondantes



## ■ Problématiques principales :


- Passage à l'échelle
- Réaction automatique et rapide aux événements





# Adresses MAC et rôle des commutateurs

# Vocabulaire: équipements d'interconnexion

Dispositif	Spécificités
Amplificateur (couche 1)	Permet d'étendre la distance de connexion. Amplifie le signal et le bruit
Répéteur (couche 1)	Ré-génère le signal (décode les 0 et les 1) Une collision d'un côté aura un impact de l'autre côté
Concentrateur (hub) (couche 1)	Répéteur possédant $n > 2$ ports de connexion Reçoit des bits sur une interface et les répète sur toutes les autres
Pont (couche 2)	Fonctionne au niveau liaison : vérification du CRC Capacité de traduire une technologie en une autre (e.g. Wi-Fi vers Ethernet)
Commutateur (switch) (couche 2) 	Pont avec $n > 2$ interfaces Capable de filtrer les trames pour ne les renvoyer que sur les interfaces pertinentes

# Table de commutation des ponts & commutateurs

## ■ Table de correspondance adresses et interfaces

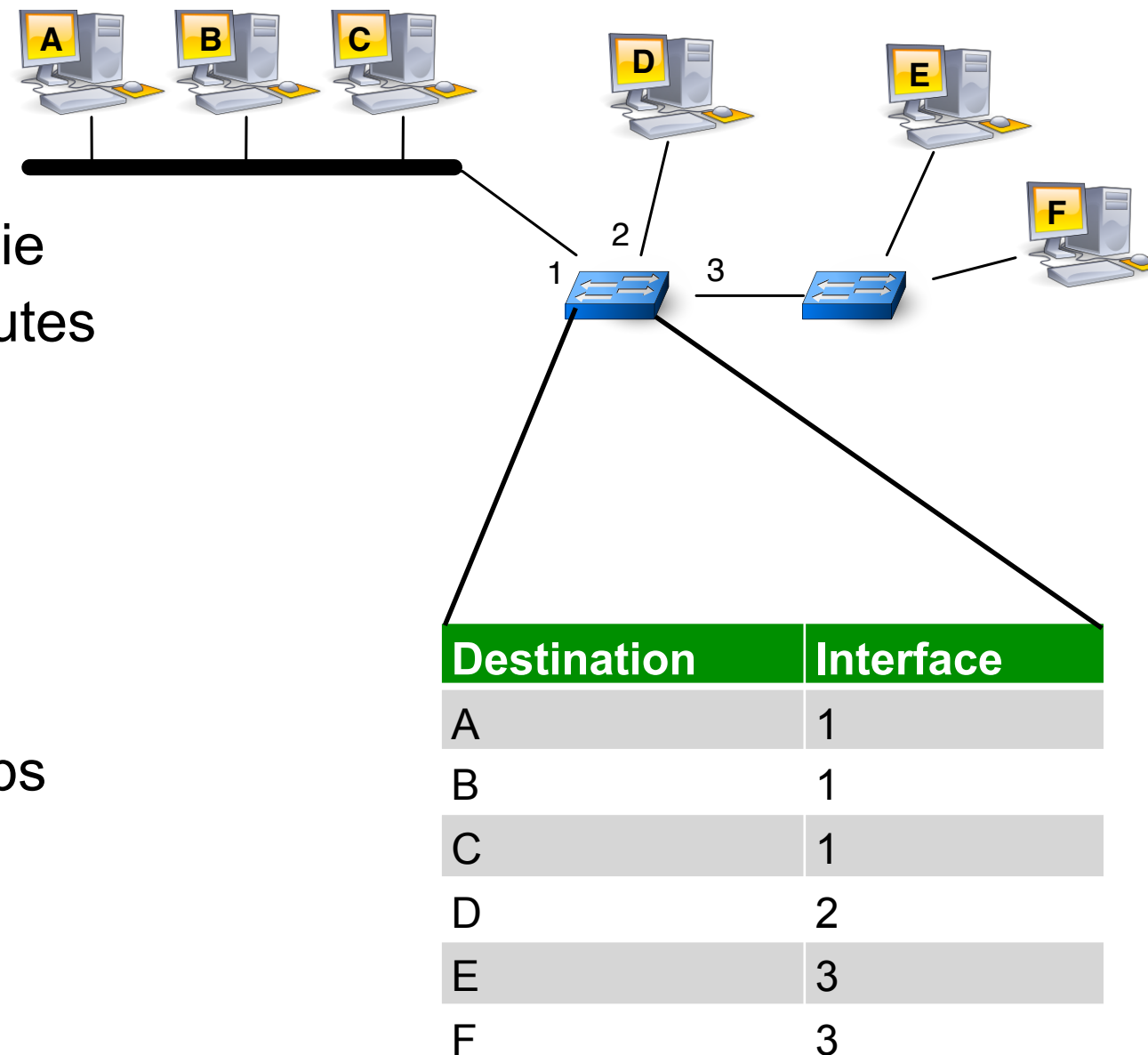
- Examinée pour chaque frame reçue afin de déterminer le ou les ports de sortie
- Si aucune correspondance, envoi sur toutes les interfaces sauf celle de réception

## ■ Maintenance de la table :

- A chaque frame envoyée, examen de l'adresse source
- Mise à jour de la table en conséquence
- Expiration des entrées au bout d'un temps déterminé

## ■ Algorithme simple :

- Permet de gérer la mobilité des noeuds
- Permet de gérer les pannes de noeuds
- Ne nécessite pas de communication dédiée



## Adresses MAC : exemple IEEE-48

### ■ La taille typique d'une adresse est de 48 bits

- $2^{48}$  ( $\sim 3 \cdot 10^{14}$ ) adresses possibles
- Ecriture : 6 groupes d'un octet ; en hexadécimal
  - ex : 00:1c:b3:b1:7f:61
- Probabilité d'avoir deux adresses identiques rare mais pas nulle
  - => Les adresses peuvent être modifiées par l'utilisateur

### ■ Format IEEE-48 des adresses (Ethernet, Wi-Fi, ...) :

- Les trois premiers octets identifient le constructeur ; allocation par l'IEEE
  - <http://standards.ieee.org/regauth/oui/index.shtml>
- Trois derniers octets : un numéro de série alloué par le constructeur

### ■ Adresse de diffusion : ff:ff:ff:ff:ff:ff


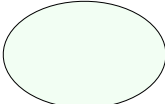


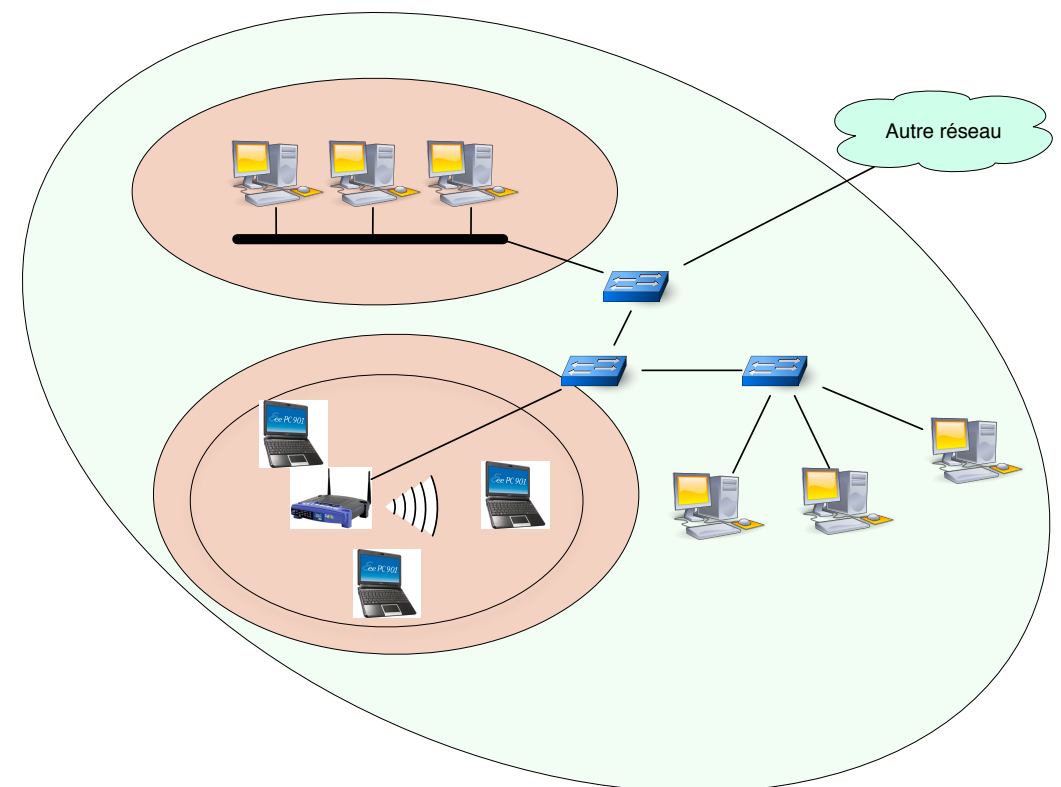
# Domaine de collision & domaine de diffusion

## ■ Interconnexion via des équipements actifs dans le réseau

- Augmenter la distance maximale entre deux stations
- Faciliter le câblage
- Séparer le réseau en zones pouvant fonctionner en parallèle

## ■ Ces équipements définissent :

- Des domaines de collision 
  - Terminaux devant s'organiser pour partager un canal sous peine de provoquer des collisions
- Des domaines de diffusion 
  - Terminaux considérés comme appartenant au même groupe logique / proches les uns des autres





# Segmentation : les réseaux locaux virtuels (VLAN)

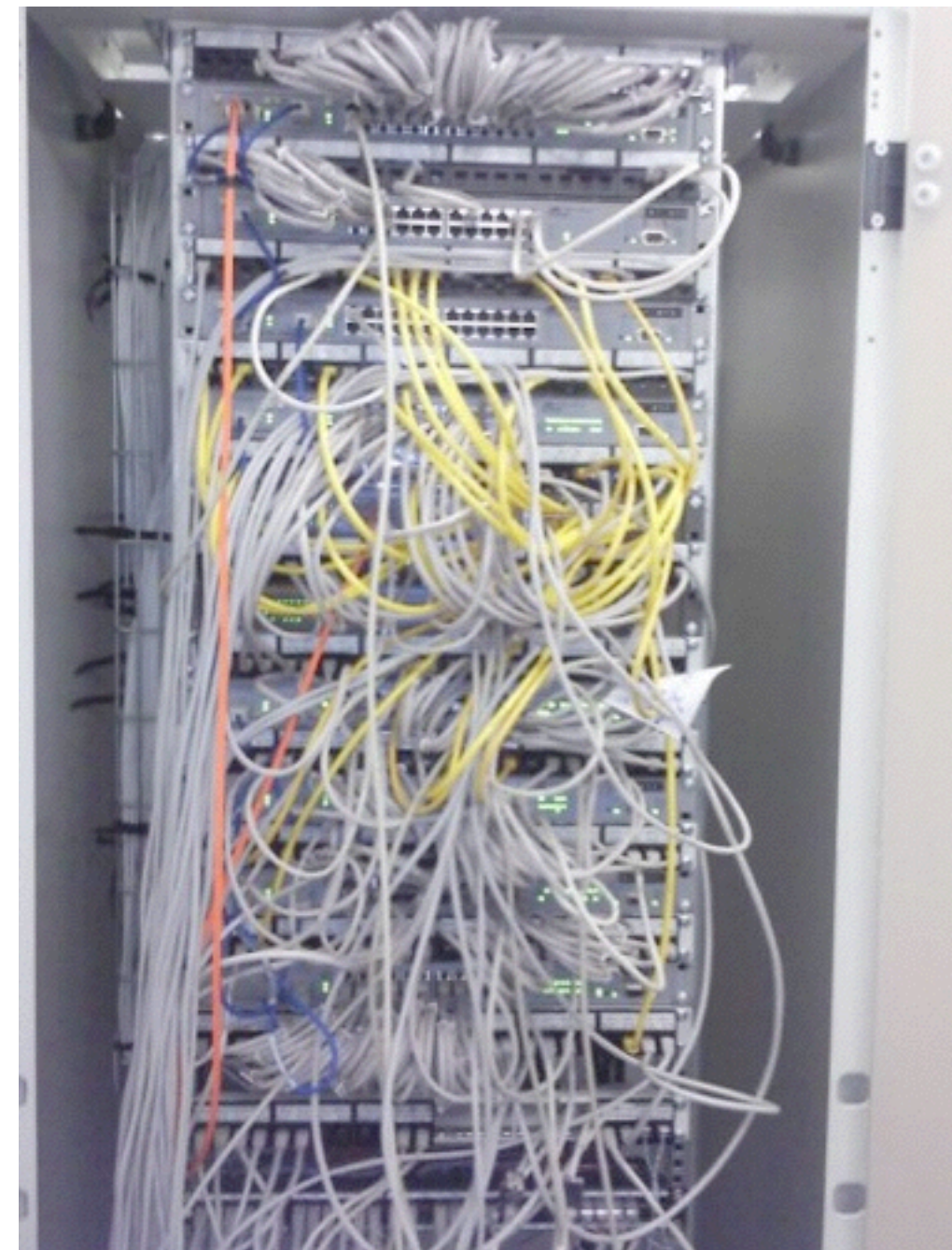
# Segmentation d'un LAN

## ■ Segmentation physique

- On contrôle la topologie du réseau en jouant sur le port de connexion dans un commutateur
- Raisons : performance (diffusions), sécurité (confinement), ...

## ■ Maintenance difficile

- Adressage non-organisé
- Les diffusions IP atteignent tout le réseau
- Pas d'équilibrage de charge



## Une solution logicielle : les VLAN

### ■ Séparer l'infrastructure physique et l'infrastructure logique

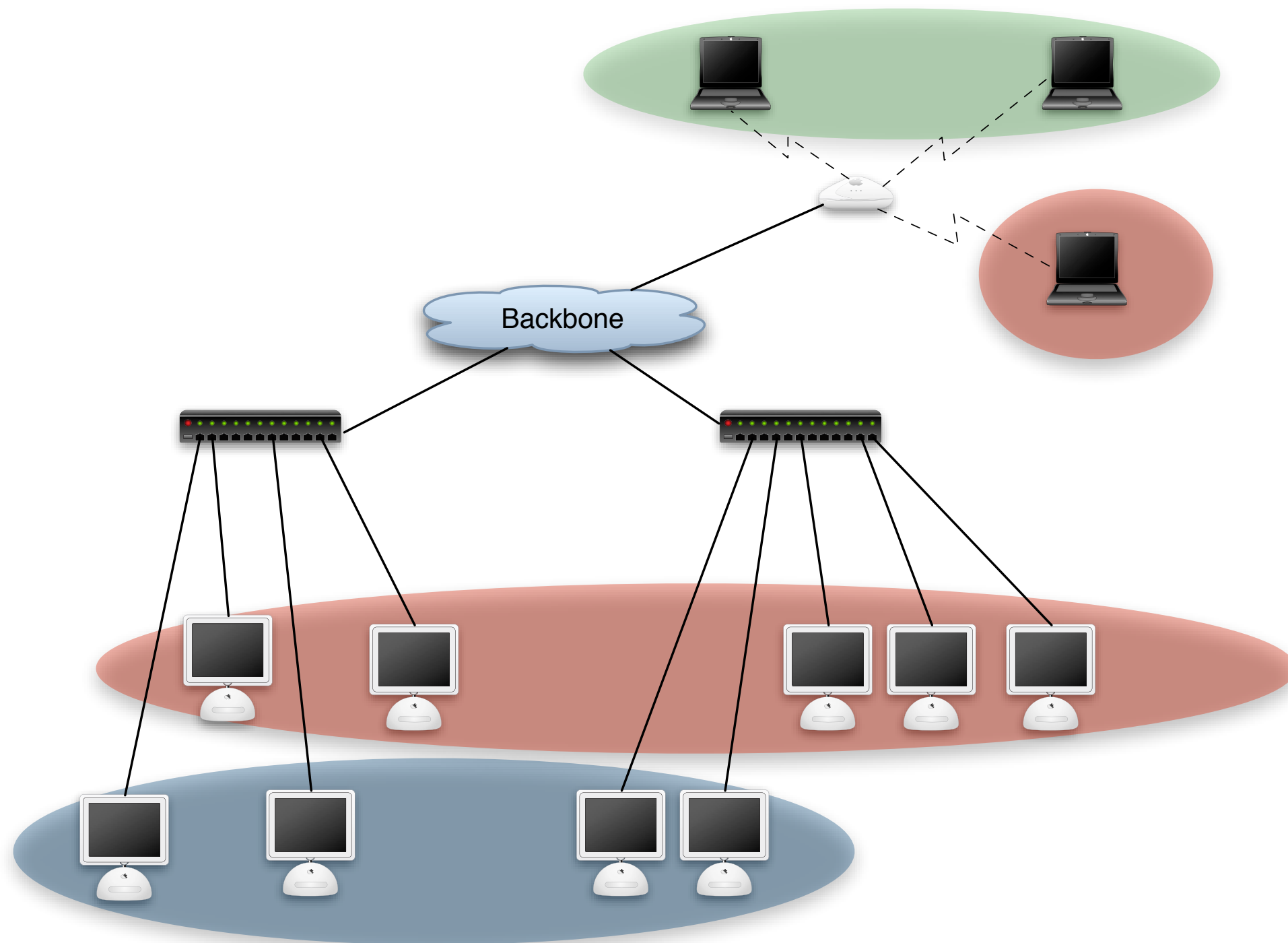
- Principe de base similaire au Spanning Tree : supprime virtuellement des liens
- Sur une topologie physique, on définit plusieurs topologies logiques

### ■ On associe un VLAN ID (un nombre) à chaque machine

- Les machines ayant le même VLAN ID communiquent comme si elles étaient sur le même segment physique.
- Les machines ayant des VLAN ID différents ne communiquent pas directement, même si elles sont sur le même segment physique => passage par une passerelle

### ■ Ce sont les commutateurs qui font l'essentiel du travail, filtrant les trames sur les VLAN ID, avant de considérer les adresses.

# VLAN : exemple





# Technologies

## ■ **Standard : IEEE 802.1q**

- Définit une modification de l'en-tête Ethernet

## ■ **La standardisation s'est fait attendre**

- Standardisation : 2005

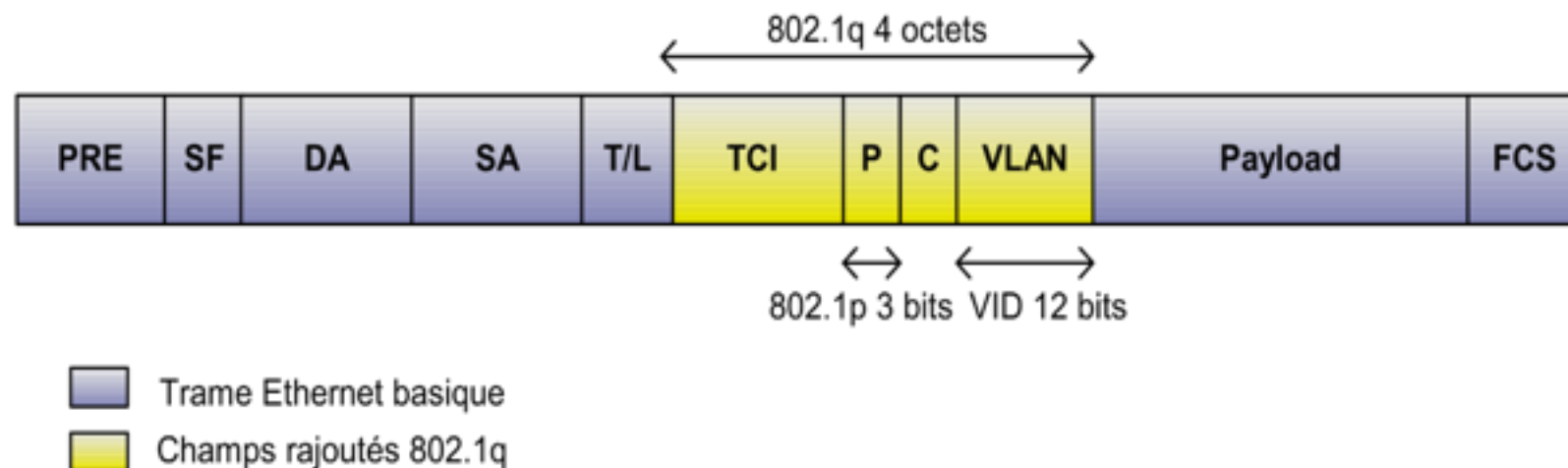
## ■ **Développement de solutions propriétaires en parallèle**

- Cisco : DTP, VTP, ISL
- Utilisées pour les solutions VoIP du constructeur
- Incompatibles avec la norme IEEE 802.1q



## IEEE 802.1q

- On ajoute des champs à l'en-tête du protocole de la couche liaison :



- TCI (16 bits) : ID protocole VLAN :  $0x8100 = 802.1Q$
- P, C (3 + 1 bits) : pas relatifs aux VLAN (priorités 802.1p, ...)
- VLAN (12 bits) : ID VLAN

- Il faut des cartes réseau compatibles et on ne peut pas remplacer toutes les cartes d'interface

- Les commutateurs peuvent faire le travail
- Insertion automatique du champ 802.1q et suppression de ce champ juste avant transmission à la destination

# Partage de liens par plusieurs VLAN (Trunking)

- **Nécessaire pour garder la possibilité d'interconnecter (cascader) plusieurs commutateurs, de connecter des concentrateurs, ...**
- **Nécessite une gestion plus fine par les commutateurs**
  - On ne peut pas se contenter d'une simple association VLAN ID  $\leftrightarrow$  port de connexion
- **Deux types de fonctionnement pour les ports d'un commutateur**
  - Tagged : plusieurs VLAN possibles, examen du VLAN ID
  - Untagged : un seul VLAN possible, remplacement du VLAN ID



# Configuration des VLAN sur un terminal (exemple : Unix)

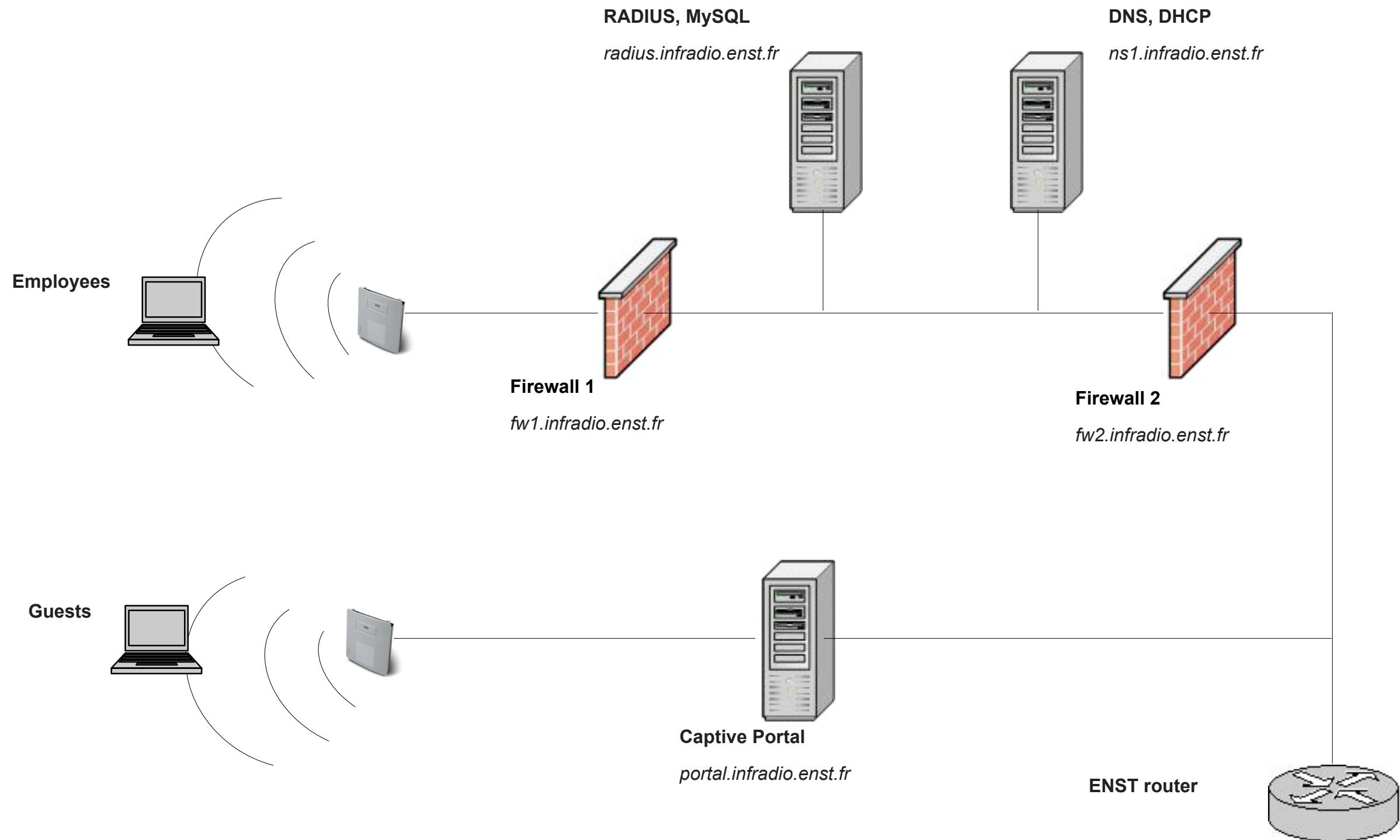
## ■ Association d'un VLAN à une interface

- `vconfig add eth0 31`
  - Déclare que des trames appartenant au VLAN 31 seront envoyées via eth0
  - Crée une interface virtuelle eth0.31
  - Provoque l'étiquetage de toutes les trames émises sur eth0.31 par le champ 802.1q
  - On peut ajouter autant de VLAN à une interface qu'on le souhaite
  - En face : port partagé sur le commutateur

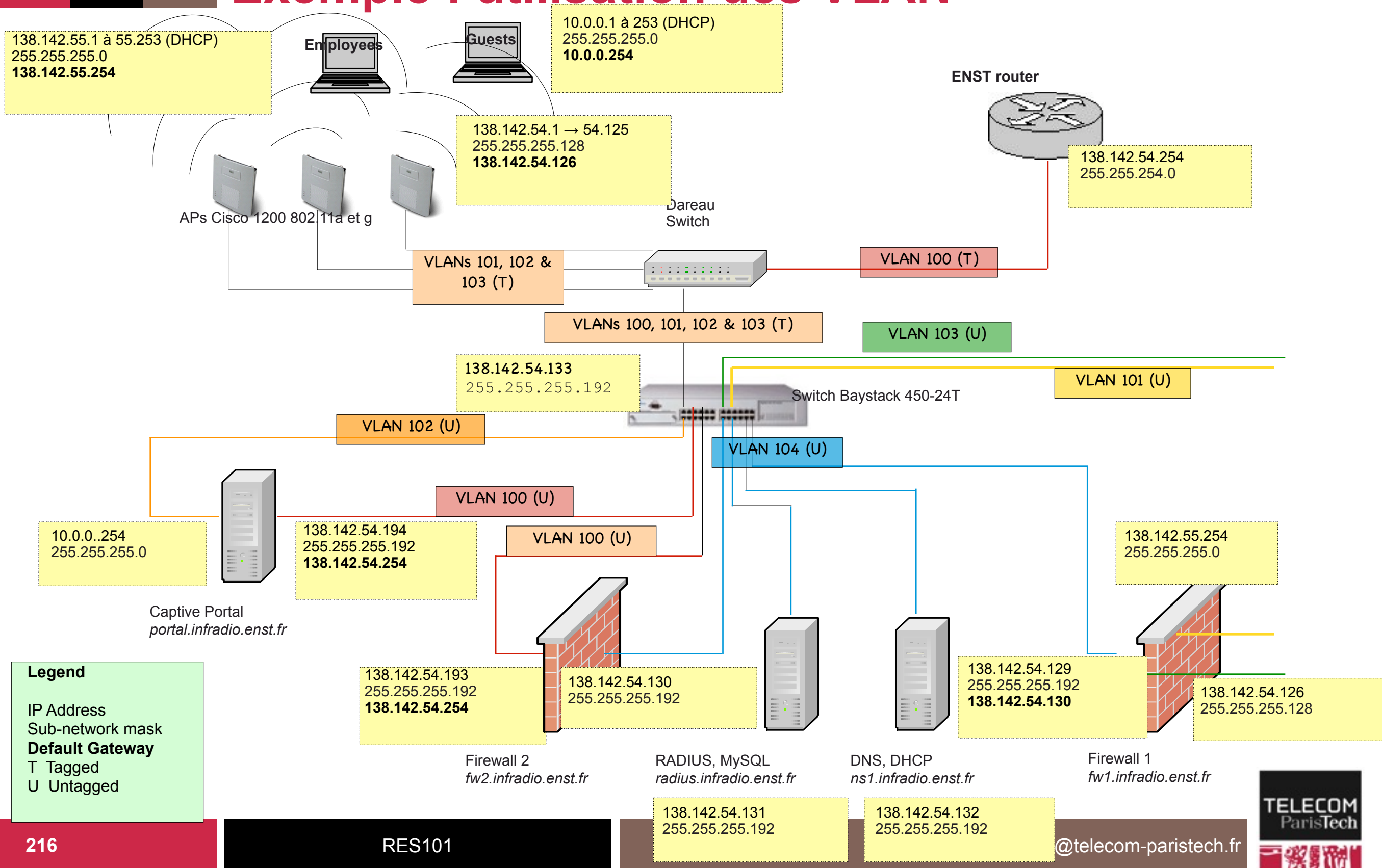
## ■ Suppression d'un VLAN sur une interface

- `vconfig rem eth0.31`
  - Supprime l'interface virtuelle eth0.31
  - Désinscrit l'interface du VLAN n°31

# Exemple : architecture logique



# Exemple : utilisation des VLAN





# Tolérance aux fautes dans un LAN : le *Spanning Tree*

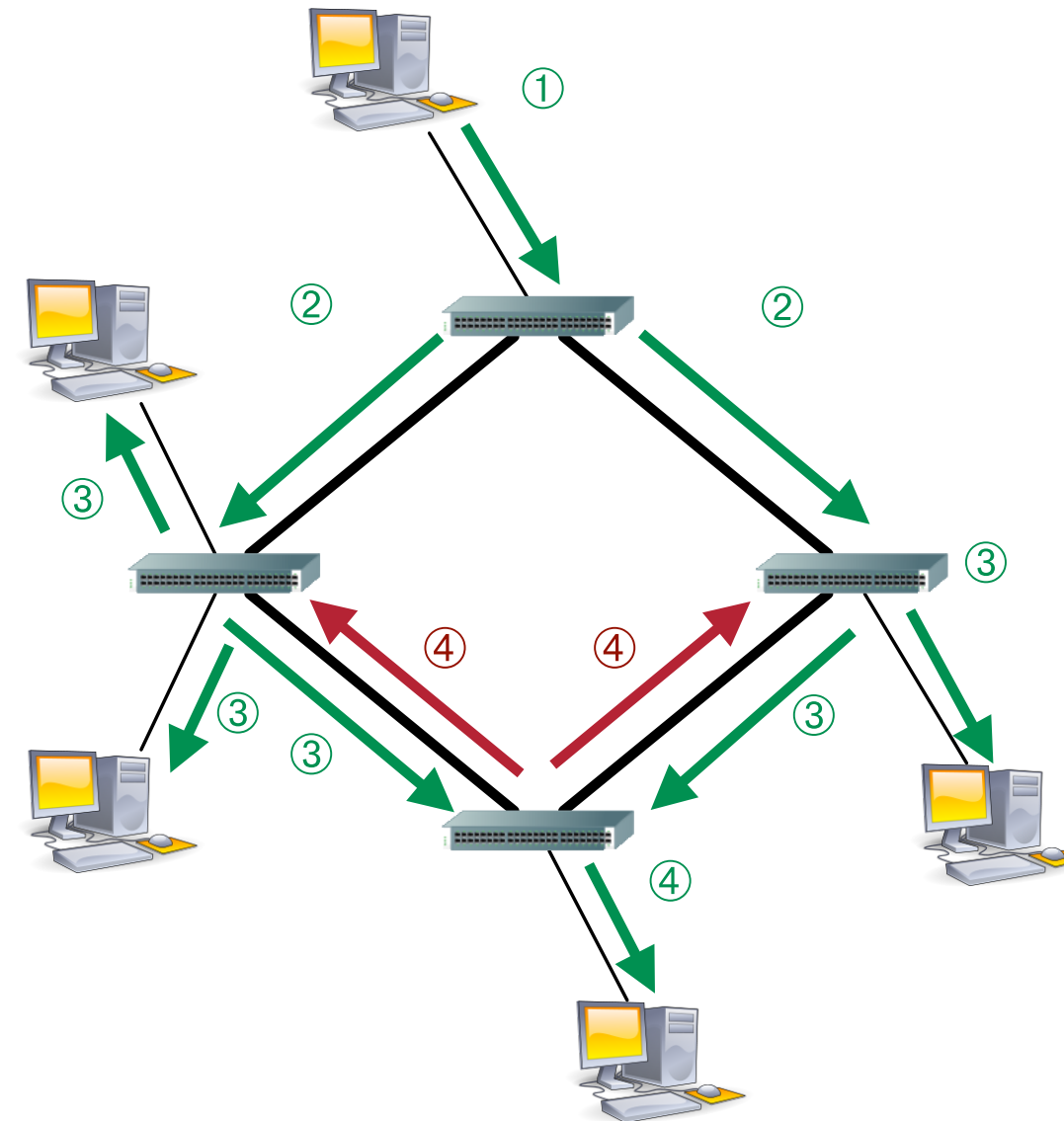
# Diffusion dans un réseau redondant

## ■ Les commutateurs ne filtrent pas les trames de diffusion

- Un réseau connecté au niveau de la couche liaison constitue une unique zone de diffusion

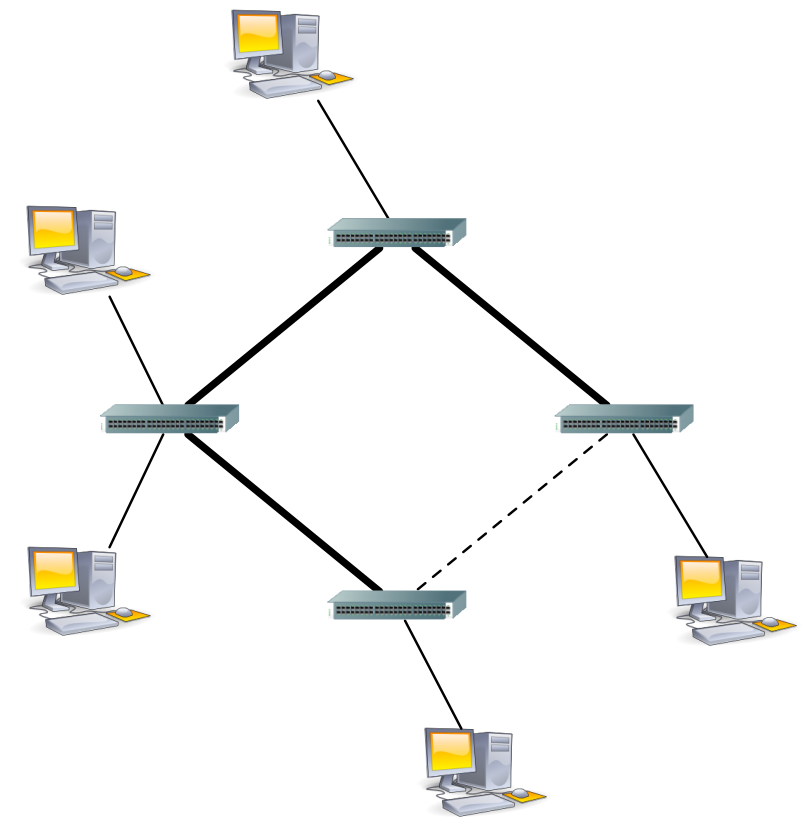
## ■ Introduction de boucles lors des diffusions

- Il faut “casser” les boucles pour éviter que les trames ne tournent indéfiniment dans le réseau



# Spanning Tree Protocol

- **Norme IEEE 802.1D**
- **Extraction d'un sous-arbre couvrant**
  - Élection d'une racine
  - Blocage de tous les ports en émission sauf
    - Celui qui correspond au plus-court-chemin vers la racine (root port)
    - Ceux qui sont reliés à des root ports ou à des terminaux / LAN (designated ports)
- **Mécanisme distribué**
  - Communication entre les ponts
  - Aucune transmission explicite d'informations d'un bout à l'autre du réseau
  - Mécanisme adaptatif : détection et résolution des pannes automatique
- **Détails à voir en TP**



## Interconnexion : conclusions

- **Au niveau de la couche liaison, on peut avoir des réseaux complets**
  - Perçus par IP comme un lien entre deux routeurs / entre un routeur et un terminal
- **Ces réseaux fonctionnent grâce à des commutateurs qui manipulent des adresses MAC**
- **La topologie de ces réseaux est importante**
  - Redondance => tolérance aux fautes mais problème avec les diffusions
- **Plusieurs solutions permettent de contrôler cette topologie**
  - Manuelles (segmentation physique, VLAN)
  - Automatique (Spanning Tree Protocol, TRILL, ...)