

# Réseaux et Systèmes (MIN 15112)

2025 - 2026

Zhiyi Zhang

[zhiyi.zhang@uvsq.fr](mailto:zhiyi.zhang@uvsq.fr)

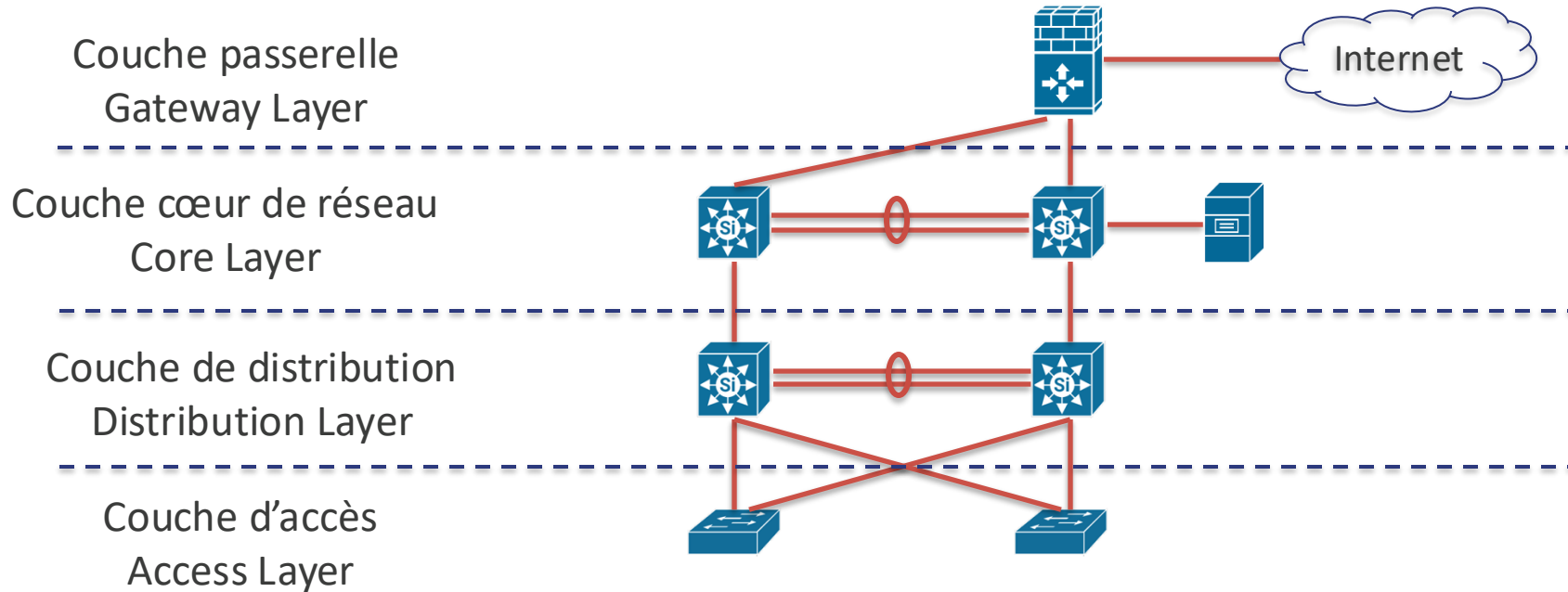
<https://www.zhiyizhang.com>



# Commutateur (Switch)

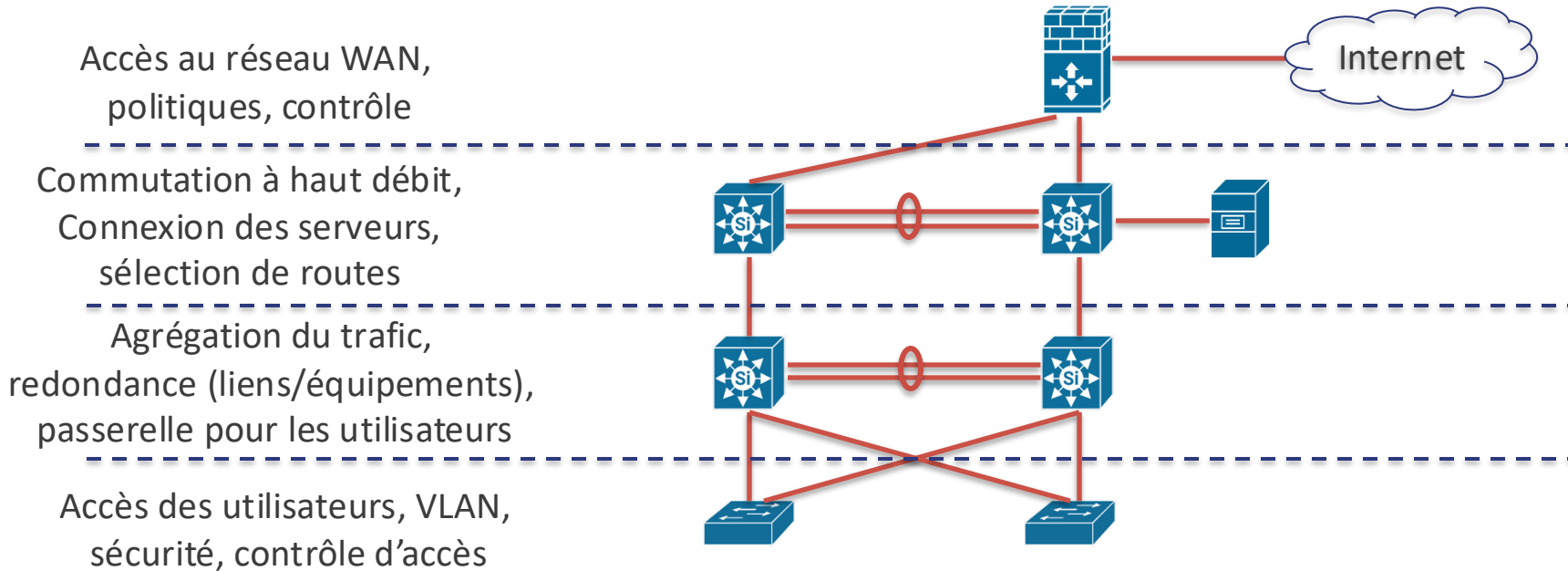


# Couche du réseau hiérarchique



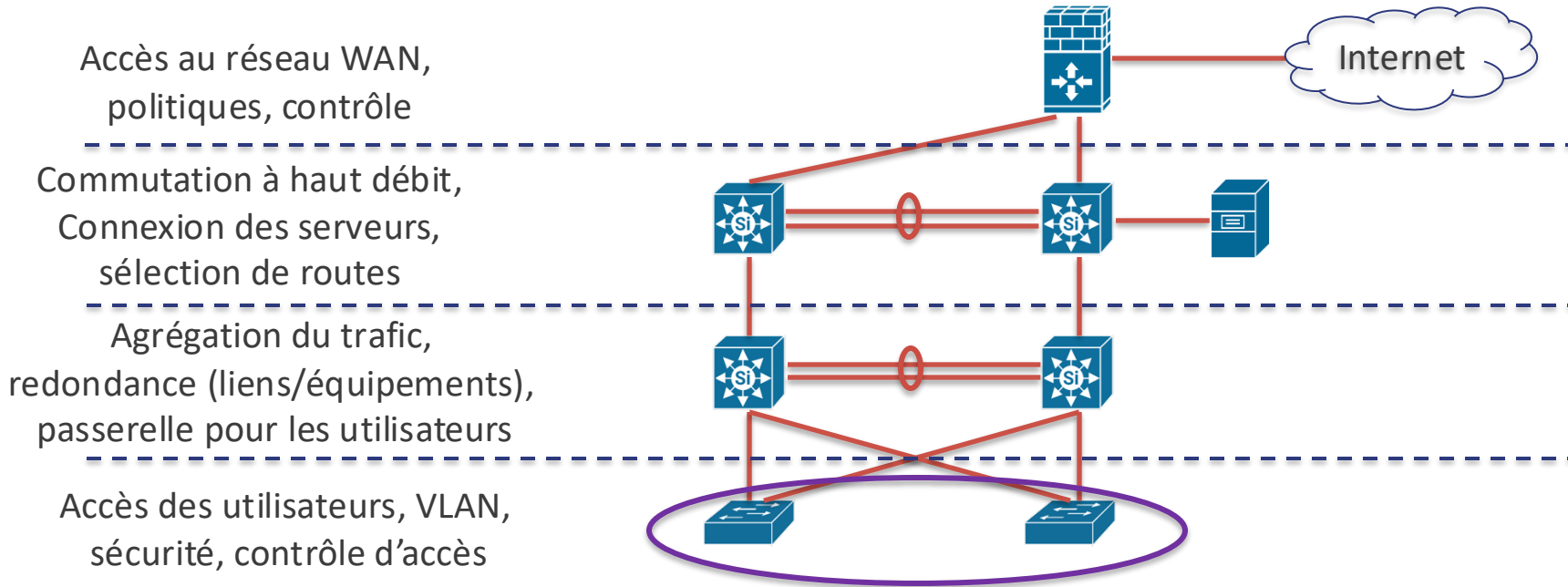


# Couche du réseau hiérarchique



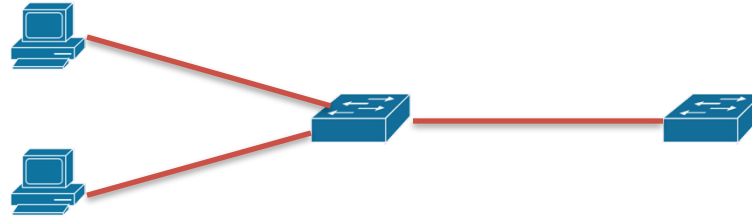


# Couche du réseau hiérarchique





# Switch



- OSI : couche 2
- Apprentissage des adresses MAC
- Décision de forward
- Eviter des boucles

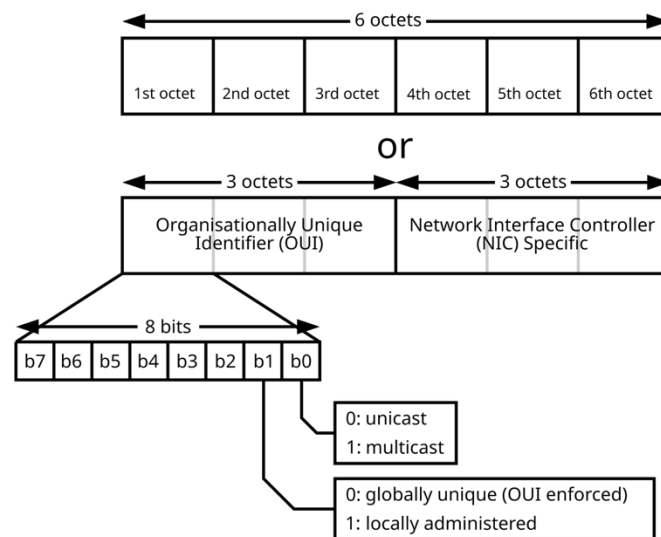


# Rappel : adresse MAC

Longueur : 48 bits (6 octets)

Hexadécimal

- OUI (24 bits) : attribué par IEEE au constructeur
- NIC (24 bits) : identifiant attribué par le constructeur à chaque carte réseau



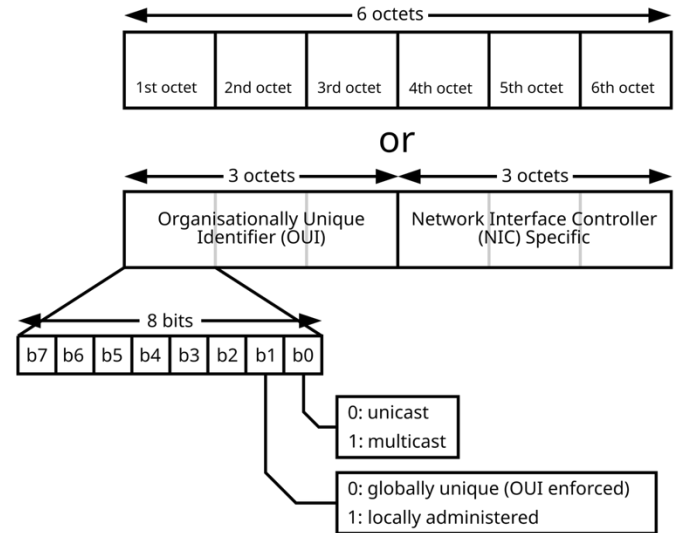


# Rappel : adresse MAC

Longueur : 48 bits (6 octets)

Hexadécimal

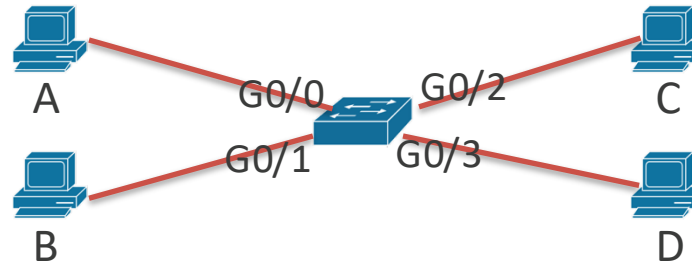
- OUI (24 bits) : attribué par IEEE au constructeur
- NIC (24 bits) : identifiant attribué par le constructeur à chaque carte réseau



2 adresses MAC identiques dans le LAN ?



# Apprentissage des adresses MAC



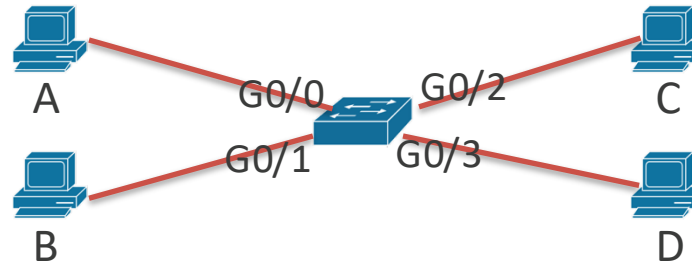
A -> C

Initialement, la table d'adresses MAC est vide.

Interface	Adresse



# Apprentissage des adresse MAC

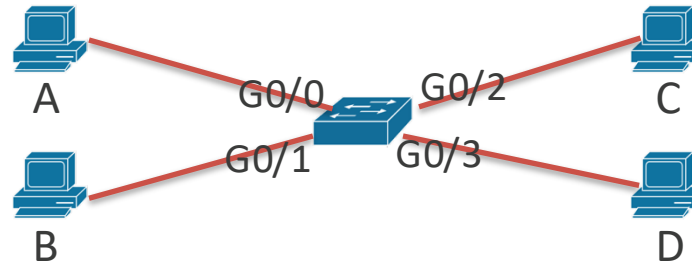


Trame reçue, l'@MAC\_Src  
enregistre dans la table avec le  
port d'entrée

Interface	Adresse
G0/0	@MAC_A



# Apprentissage des adresse MAC



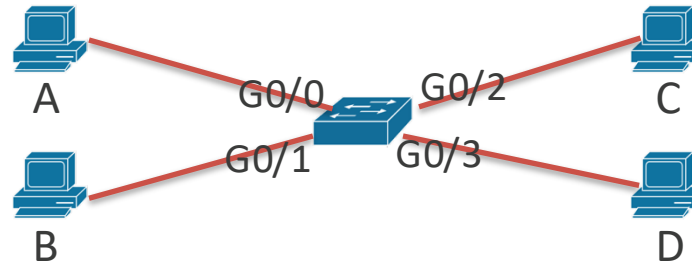
Trame reçue, l'@MAC\_Src  
enregistre dans la table avec le  
port d'entrée

Interface	Adresse
G0/0	@MAC_A

L'expiration des adresses !  
Timer : par défaut, 5 min (Cisco)



# Apprentissage des adresse MAC



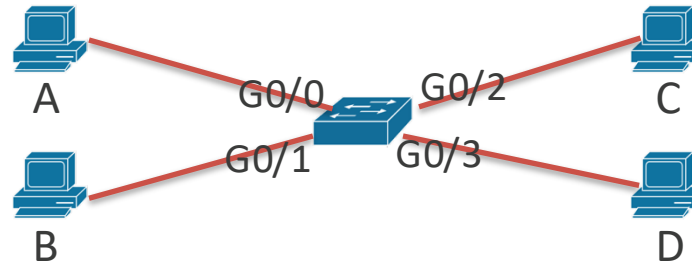
Si l'@MAC\_Dest est connue,  
transfère la trame vers le port  
associé;

Si l'@MAC\_Dest est inconnue ?

Interface	Adresse
G0/0	@MAC_A



# Apprentissage des adresses MAC



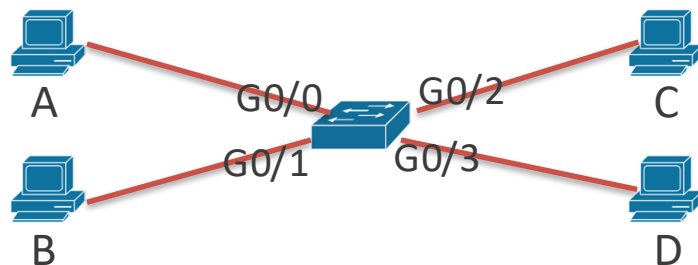
Si l'@MAC\_Dest est connue,  
transfère la trame vers le port  
associé;

Si l'@MAC\_Dest est inconnue,  
diffuse la trame sur tous les  
ports sauf celui d'entrée.

Interface	Adresse
G0/0	@MAC_A



# Apprentissage des adresse MAC

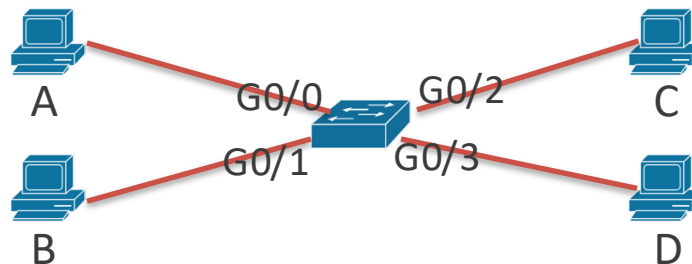


D -> C

Interface	Adresse
G0/0	@MAC_A



# Apprentissage des adresse MAC



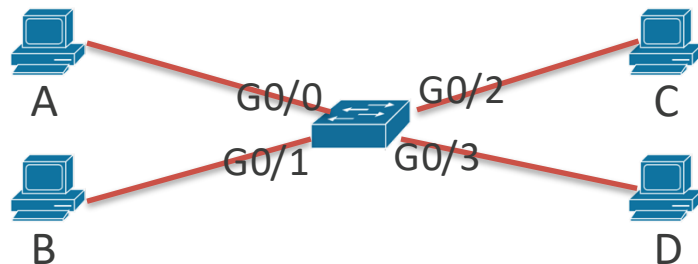
D -> C

l'@MAC\_C n'est pas connue,  
comment faire ?

Interface	Adresse
G0/0	@MAC_A
G0/3	@MAC_D



# Apprentissage des adresse MAC



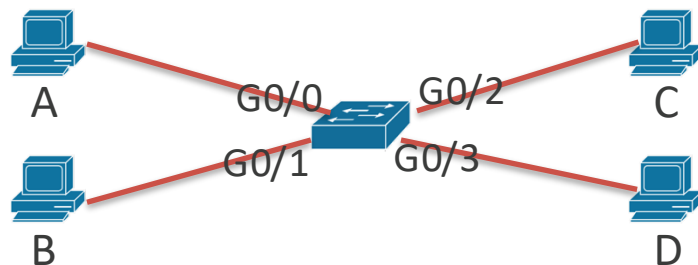
D -> C

l'@MAC\_C n'est pas connue,  
diffuse la trame vers tous les  
ports (sauf G0/3).

Interface	Adresse
G0/0	@MAC_A
G0/3	@MAC_D



# Apprentissage des adresse MAC

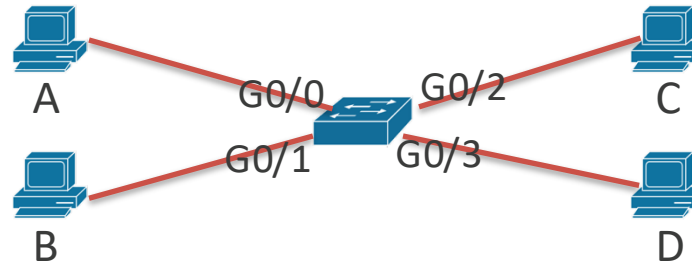


A -> D ?

Interface	Adresse
G0/0	@MAC_A
G0/3	@MAC_D



# Apprentissage des adresse MAC



L'@MAC\_A est connue,  
réinitialise le timer

L'@MAC\_D est connue,  
transfère la trame vers  
le port G0/3

Interface	Adresse
G0/0	@MAC_A
G0/3	@MAC_D





# Table d'adresses MAC

Table d'adresses MAC : **Table CAM** (Content-Addressable Memory)

- Lorsqu'un switch démarre, sa table CAM est vide;
- Quand il reçoit une trame :
  - Il enregistre l'@MAC\_Src dans la table avec le port associé;
- Petit à petit, le switch apprend les adresses MAC connectées à chacun de ses ports (**apprentissage des adresses / Address Learning**).



# Minuteur de vieillissement

- Chaque entrée dans la table CAM possède un minuteur de vieillissement;
- Si le switch reçoit à nouveau une trame avec la même adresse source :
  - Il réinitialise le compteur de temps (**Rafraîchissement / Refresh**);
- Si aucune trame n'est reçue d'une adresse avant la fin du minuteur :
  - Il supprime l'entrée de la table CAM (**Vieillissement / Aging**).



# Rappel : équipements

Réseau  
@IP



Routeur : Une interface de routeur = un domaine de broadcast

Liaison  
@MAC



Switch : Chaque port du switch est isolé électriquement.

Un port de switch = un domaine de collision

Un seul domaine de broadcast par défaut

Physique

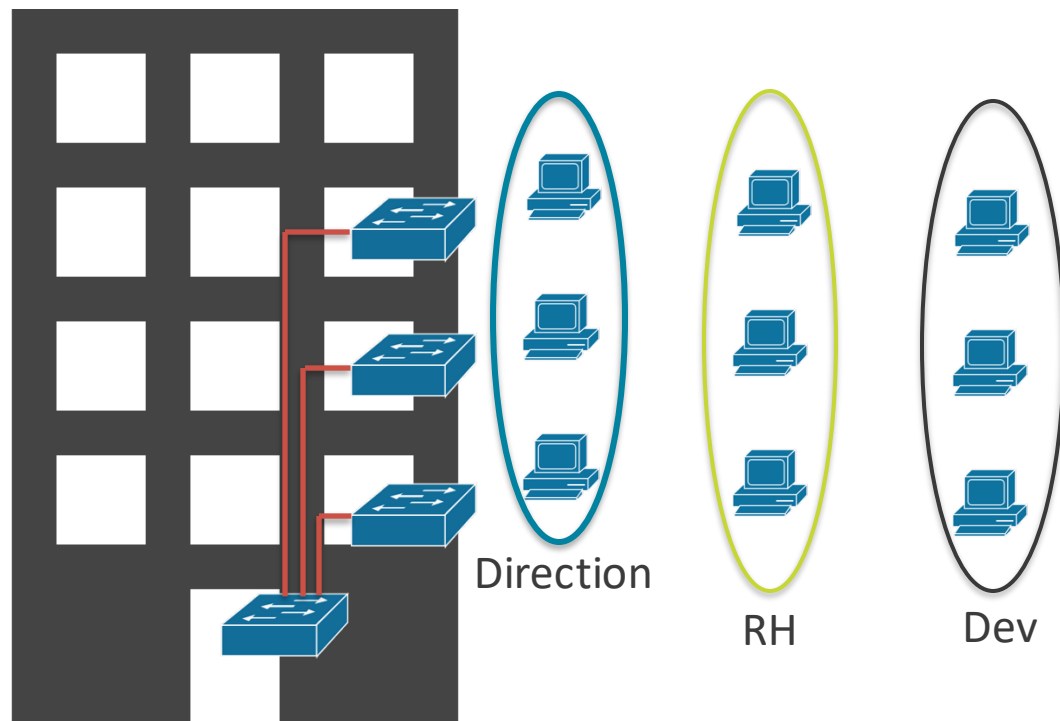


Hub : Tous les ports sont dans le même domaine de collision.

(Rappel : méthode d'accès au canal ?)



# Scénario LAN



Une entreprise dispose de plusieurs départements :

- Direction
- RH
- Dev
- ... (Finance, Marketing)

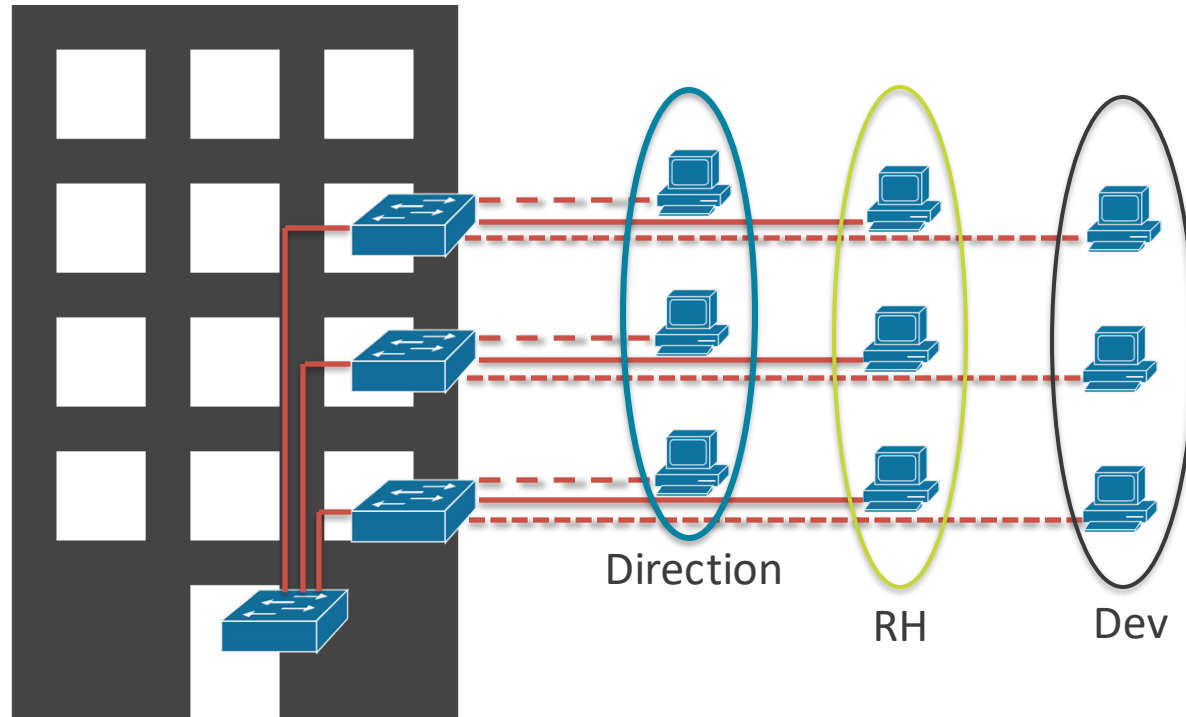
Les départements sont répartis sur plusieurs étages.

Objectif : un département = un domaine de broadcast

**Comment faire ?**

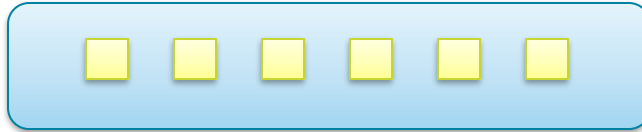


# VLAN





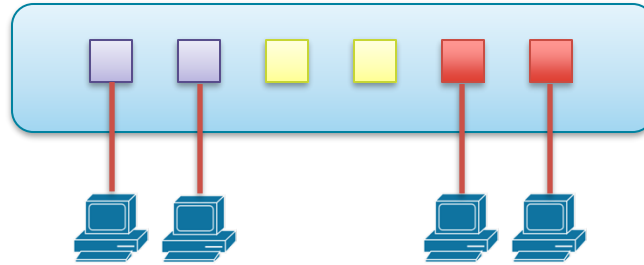
# VLAN



Par défaut, sur un switch, tous les ports appartiennent au même VLAN (Virtual LAN). Cela signifie que tous les ports font partie du même domaine de broadcast.



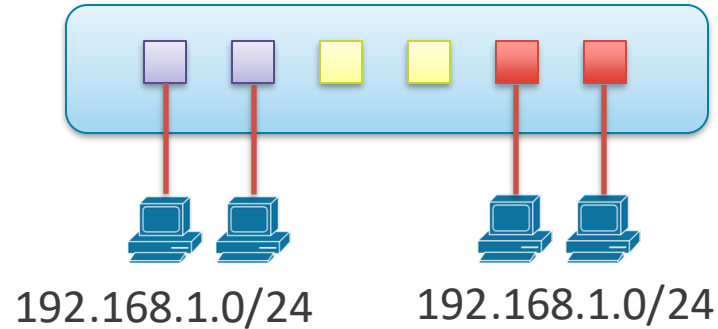
# VLAN



On peut attribuer les ports à des VLAN spécifiques, afin de diviser le réseau en plusieurs domaines de broadcast indépendants.



# VLAN



Deux VLANs utilisent le même @réseau 192.168.1.0/24,  
c'est possible de communiquer entre eux ?



- **Segmentation**

Le VLAN permet de segmenter le réseau en plusieurs domaines de broadcast logiques. Chaque VLAN correspond à un sous-réseau indépendant, ce qui réduit le trafic inutile et améliore les performances.

- **Flexibilité**

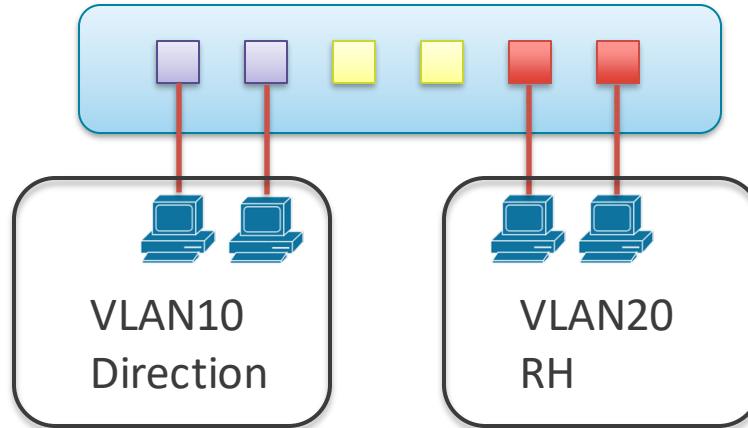
Les utilisateurs d'un même département peuvent être regroupés logiquement, même s'ils sont répartis sur plusieurs étages ou bâtiments.

- **Sécurité**

On améliore la sécurité en isolant le trafic des différents groupes d'utilisateurs. Un poste d'un VLAN ne peut pas communiquer avec un autre VLAN sans passer par un routeur (ou un L3 switch), où des politiques de filtrage (ACL) peuvent être appliquées.



# VLAN



Le VLAN ID est obligatoire pour identifier le VLAN.  
La description (nom) sert à faciliter la gestion du réseau.

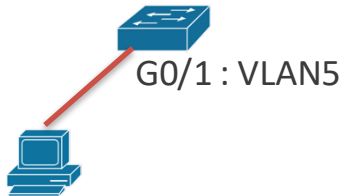


# VLAN

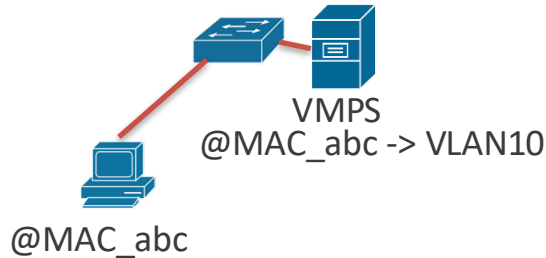
Un port peut appartenir à un VLAN de différentes manières :



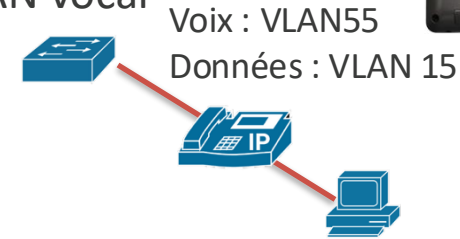
## VLAN statique



## VLAN dynamique



## VLAN vocal



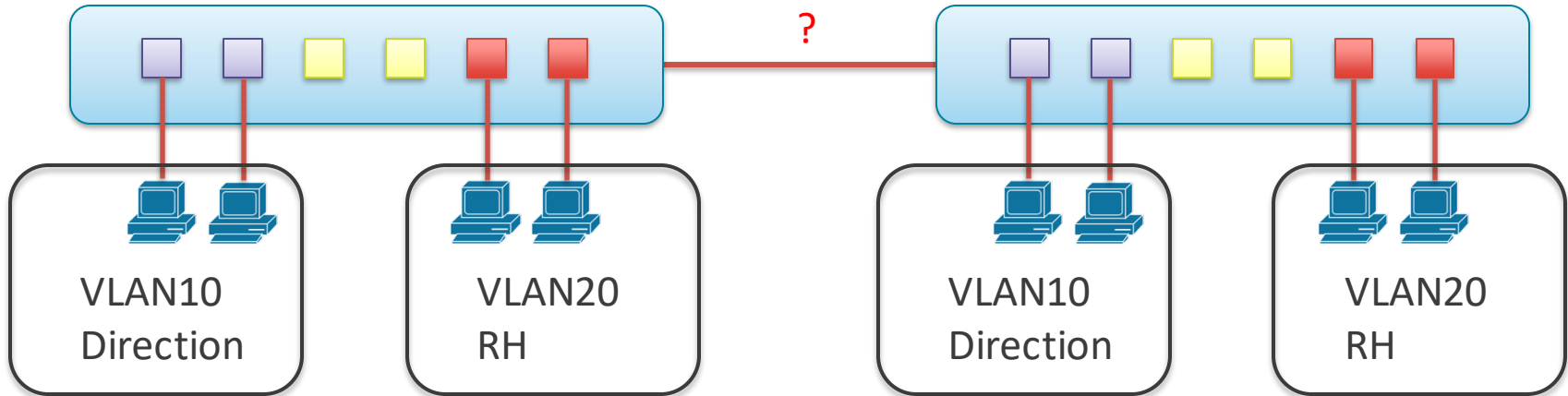
**VLAN statique** : Le port est assigné manuellement de façon permanente à un VLAN donné par l'administrateur.

**VLAN dynamique** : Le VLAN est déterminé automatiquement, avec un VMPS (VLAN Management Policy Server), selon un critère (@MAC, 802.1X, ...).

**VLAN vocal** : Le port en mode voix permet d'identifier automatiquement un téléphone IP et lui attribuer le VLAN voix.



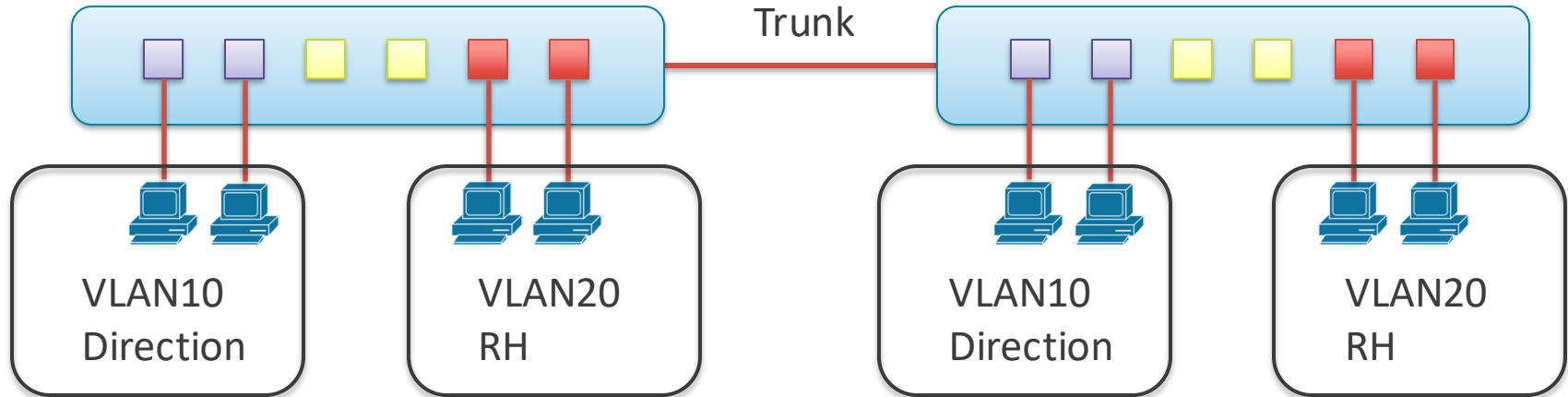
# VLAN



Un lien doit transporter les informations de plusieurs VLANs ?



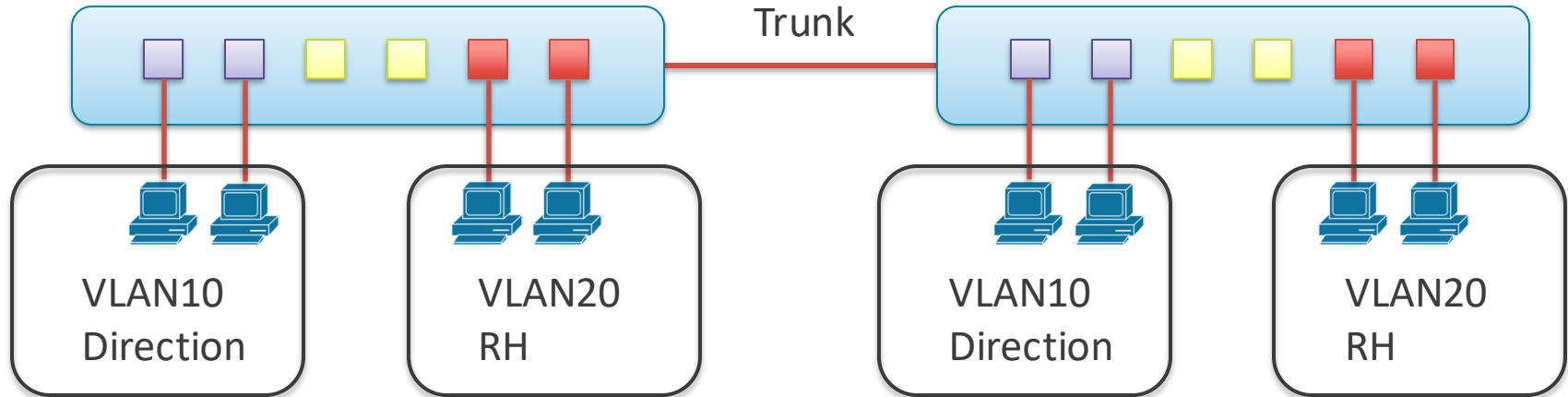
# VLAN



Lorsqu'un lien doit transporter les informations de plusieurs VLAN, on configure le port en mode **trunk**. Les liens trunk sont utilisées **entre les switches** ou **entre un switch et un routeur** pour **transporter plusieurs VLANs sur un même lien physique**.



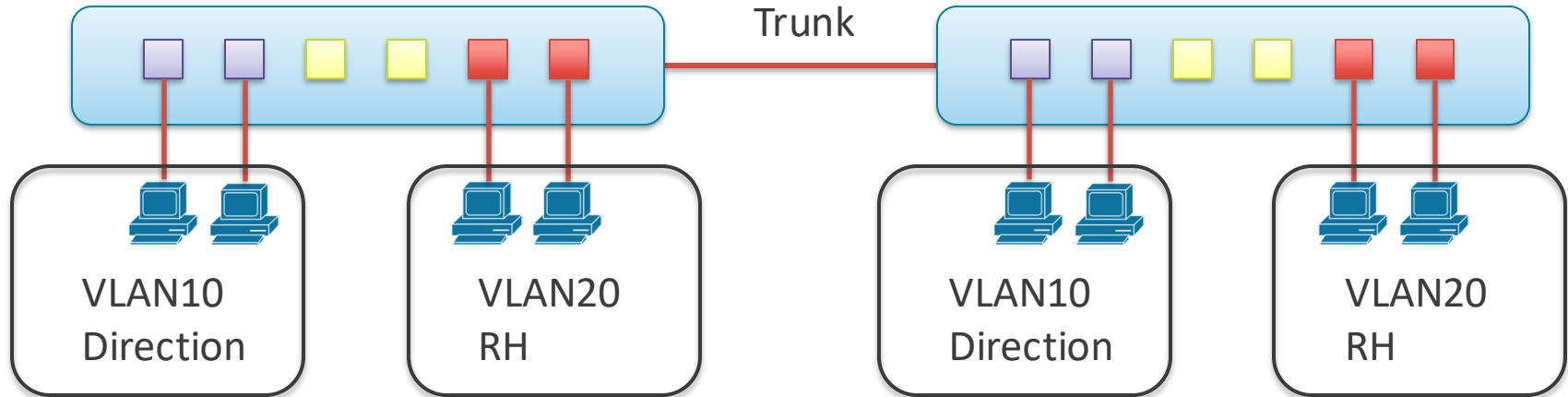
# VLAN



Comment un lien trunk fait-il la différence entre les trames de différents VLANs ?



# VLAN



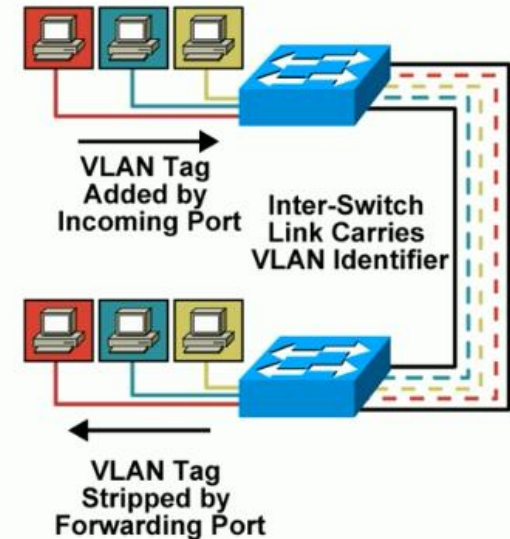
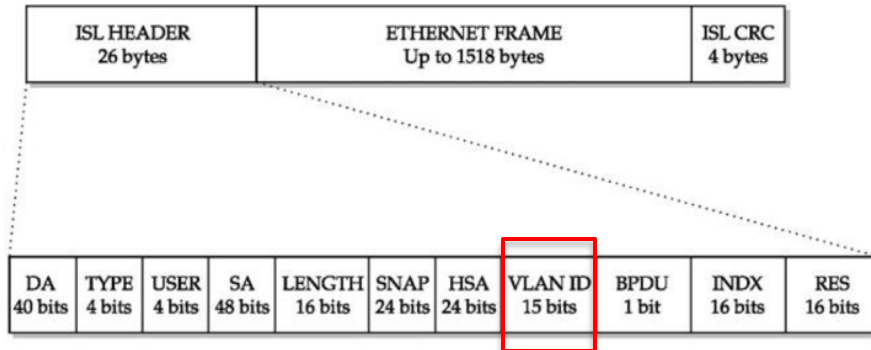
Cisco ISL ou dot1q



# Cisco ISL

## Cisco ISL (Inter-Switch Link)

- Le protocole ISL, développé par Cisco, réalise l'encapsulation VLAN par le matériel.
- Cette encapsulation n'est pas visible par les stations clients





# 802.1Q

Cisco ISL est un protocole propriétaire de Cisco.

802.1Q est un protocole ouvert.

Insérer une étiquette VLAN et remplacer FCS

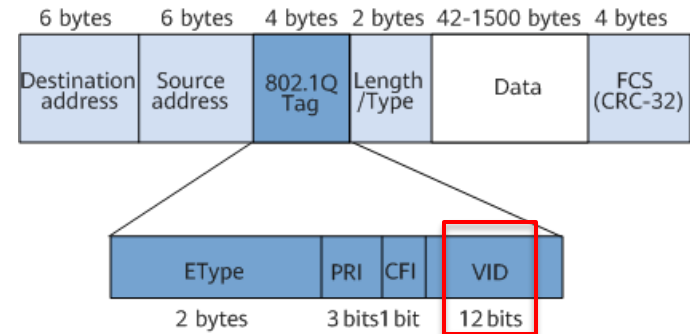
Une étiquette VLAN :

Etype : 0x8100

PRI : Priority, utilisé pour QoS

CFI : Token Ring Encapsulation Flag

VID : VLAN ID





# Routage inter-VLAN

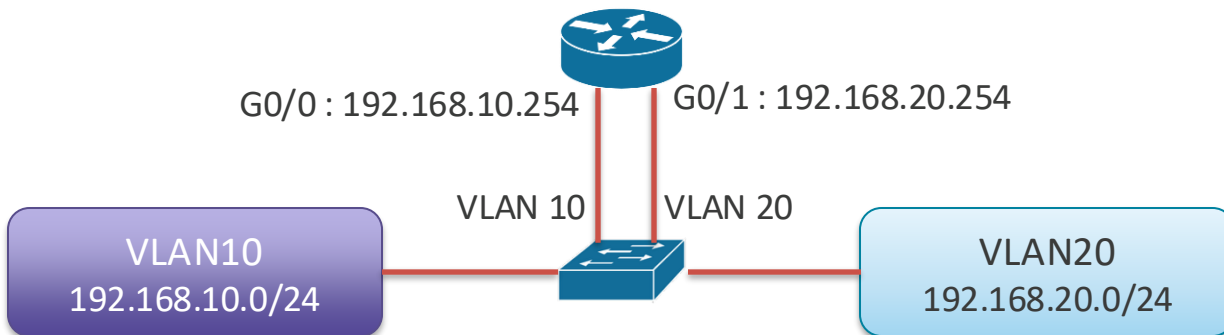
Les stations dans des VLANs séparés sont incapables de communiquer.

Pour autoriser une communication entre VLANs, il faut faire du routage inter-VLAN. Cela est faisable uniquement avec un équipement de couche 3 (routeur ou L3 switch).



# Routage inter-VLAN (Option 1)

Option 1 : Routeur avec une interface séparée dans chaque VLAN

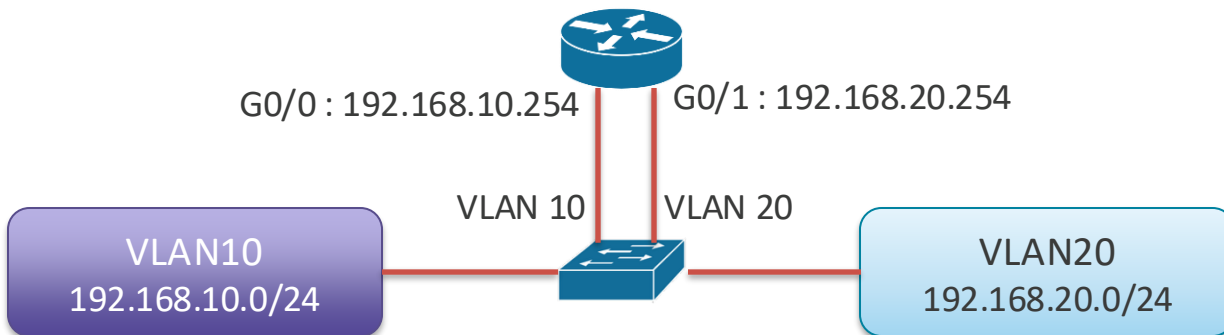


Problème ?



# Routage inter-VLAN (Option 1)

Option 1 : Routeur avec une interface séparée dans chaque VLAN

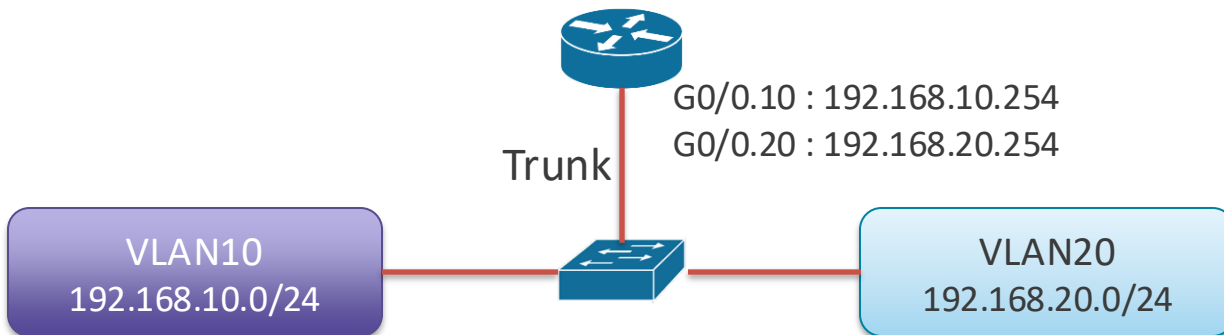


Il faut utiliser une interface du routeur/switch pour chaque VLAN. Plus il y a de VLANs, plus il faut bloquer des interfaces. Pas vraiment évolutive !



# Routage inter-VLAN (Option 2)

Option 2 : Routeur avec une sous-interface pour chaque VLAN (router-on-a-stick)



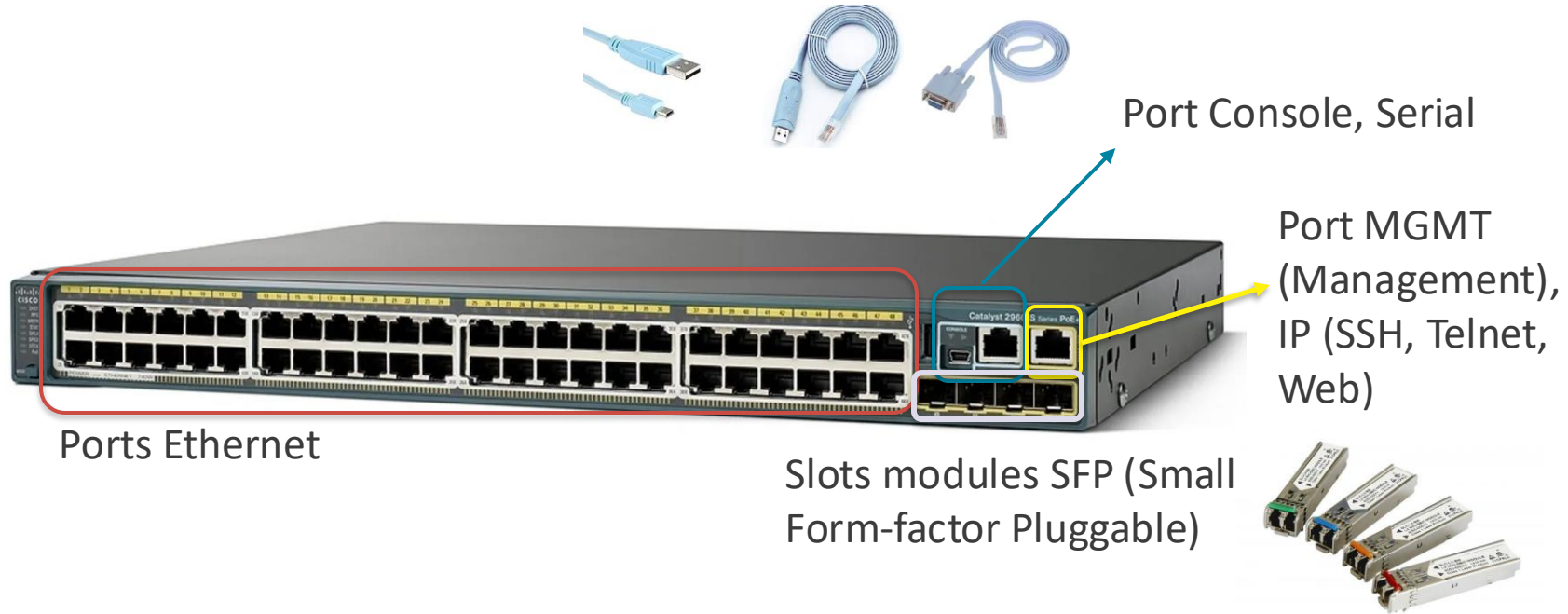
Une seule interface physique pour tous les VLANs.



# Cisco IOS

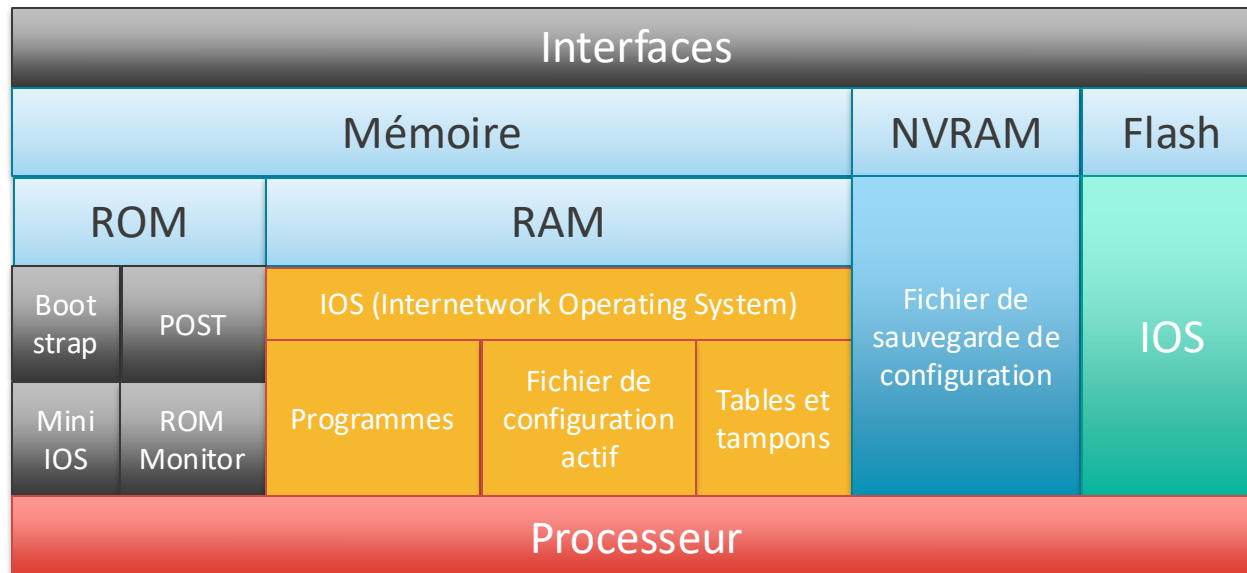


# Switch





# Composants d'un switch





## ROM (Read Only Memory)

- Bootstrap : permet d'initialiser le processeur et est responsable de la localisation et du chargement de l'IOS
- POST (Power-On Self Test) : lorsque le switch démarre, ce micro-code s'assure que tous les éléments principaux (processeur, mémoires, interfaces) fonctionnent correctement
- Mini-IOS : version réduite de l'IOS, uniquement en cas d'échec du chargement de l'image IOS depuis la mémoire Flash
- ROM Monitor : un mode de diagnostic permet de récupérer le système, lorsque le programme Bootstrap n'arrive pas à charger l'IOS.



RAM (Random Access Memory) – **effacées en cas de coupure d'alimentation**

- IOS : système d'exploitation
- Programmes : différents processus en cours d'exécution (CDP, RIP, OSPF, BGP...)
- Fichier de configuration actif : **running-config**
- Tables et tampons :
  - Table CAM, table VLAN, ...
  - Tampons de paquets



# NVRAM

NVRAM (Non-Volatile Random Access Memory)

La NVRAM est un espace très petit qui contient la **startup-config** (la configuration sauvegardée au préalable)

Dans les équipements récents, la NVRAM n'existe plus.

La startup-config est enregistré directement dans la mémoire Flash.



## Flash

La mémoire Flash est comme le disque dur d'un ordinateur. Elle offre une capacité de stockage et conserve les données même lorsque l'équipement est éteint.

On y trouve principalement l'image IOS compressée (fichier .bin), mais aussi des fichiers de sauvegarde de configuration, le fichier de définition des VLANs (vlan.dat), les fichiers .html pour l'interface web ...



# Démarrer un équipement réseau

1. Test de démarrage (POST), vérifier le bon fonctionnement
2. Chargement du programme Bootstrap, recherche l'IOS et charger l'IOS
3. Chargement de l'IOS
4. Chargement de la startup-config
5. Initialisation des interfaces et protocoles, applique la configuration et active les interfaces
6. Mode opérationnel



Cisco IOS (Internetwork Operating System) est le système d'exploitation propriétaire utilisé sur les routeurs, switches et autres équipements Cisco. Il supporte le fonctionnement, la configuration et la gestion des équipements.

Cisco IOS constitue le cœur du fonctionnement des équipements Cisco, en assurant les fonctions de routage, commutation, sécurité, gestion et QoS...



CLI (Command-Line Interface) : interface de ligne de commande  
C'est l'interface qui permet à l'administrateur de configurer, surveiller et dépanner les équipements réseau.

L'accès au CLI peut se faire via :

- Console (sur site)
- Telnet / SSH (à distance)



# CLI modes

## 4 modes principaux

- Mode d'exécution utilisateur ('>')
- Mode d'exécution privilégié ('#')
- Mode de configuration globale
- Autres modes de configuration spécifiques

### Structure hiérarchique des modes IOS

#### Commande du mode d'exécution utilisateur - Router>

```
ping
show (limitée)
enable
etc.
```

#### Commandes du mode d'exécution privilégié - Router#

Toutes les commandes du mode d'exécution utilisateur

```
debug commandes
reload
configure
etc.
```

#### Commandes du mode de configuration globale - Router(config)#

```
hostname
enable secret
ip route
```

```
interface ethernet
    serial
    dsl
    etc.
```

```
router rip
    ospf
    eigrp
    etc.
```

```
line vty
    console
    etc.
```

#### Commandes d'interface - Router(config-if)#

```
ip address
ipv6 address
encapsulation
shutdown/no shutdown
etc.
```

#### Commandes du moteur de routage - Router(config-router)#

```
network
version
auto summary
etc.
```

#### Commandes par ligne - Router(config-line)#

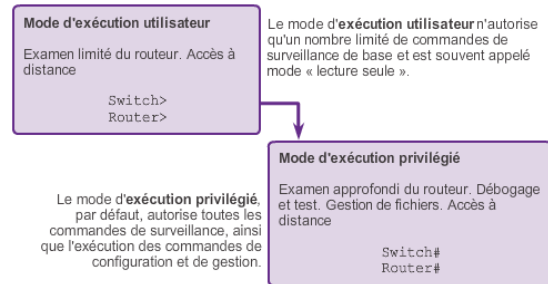
```
password
login
modem commandes
etc.
```



# Modes d'exécution

## Mode d'exécution utilisateur (User EXEC mode)

- Premier mode de l'interface CLI
- Uniquement des commandes de surveillance
- Aucune commande de configuration n'est autorisée



## Mode d'exécution privilégié (Privileged EXEC mode)

- Permet d'exécuter les commandes de configuration et de gestion
- Accessible depuis le mode utilisateur



# Modes de configuration

Pour accéder aux modes de configuration, il faut d'abord passer par le mode d'exécution privilégié.

## Mode de configuration globale

- Mode principal pour modifier la configuration
- Commande d'accès : Switch# ***configure terminal***

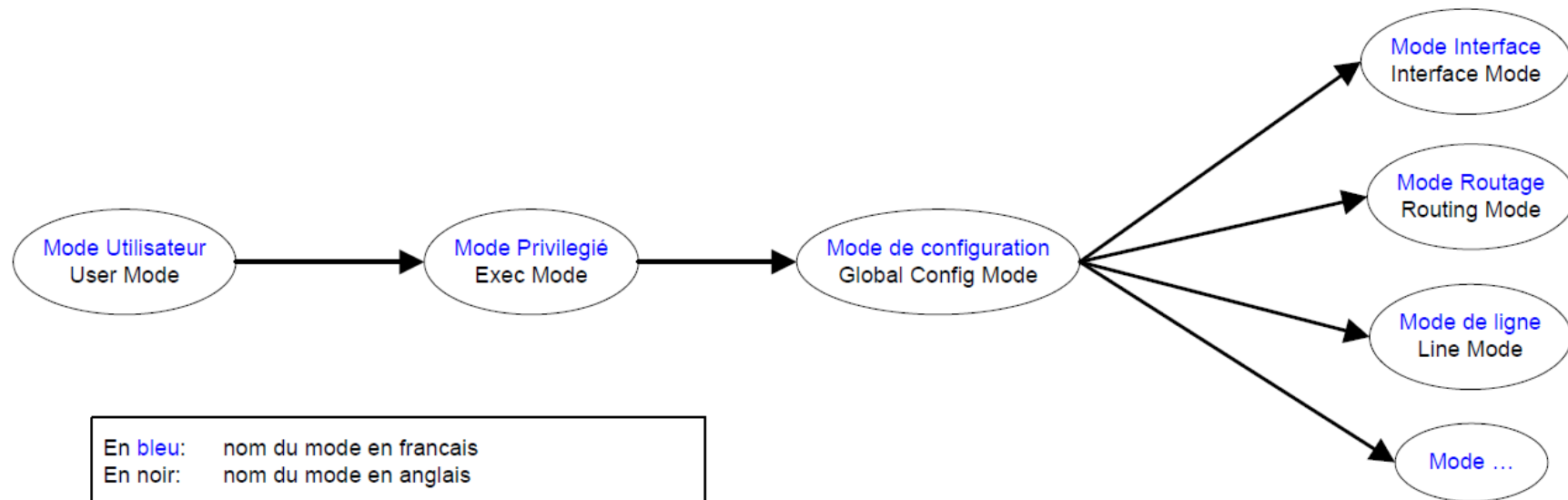
## Modes de configuration spécifiques

- Mode interface : configurer une interface réseau
- Mode ligne : configurer les lignes console, VTY

...

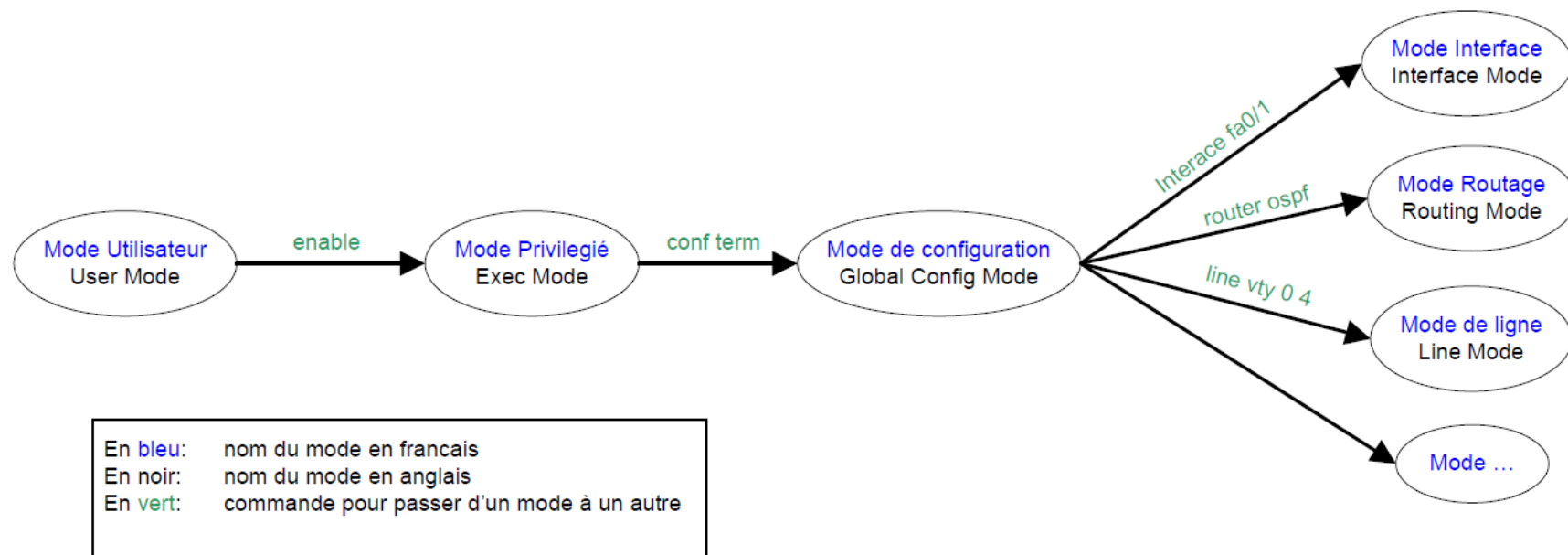


# Modes IOS



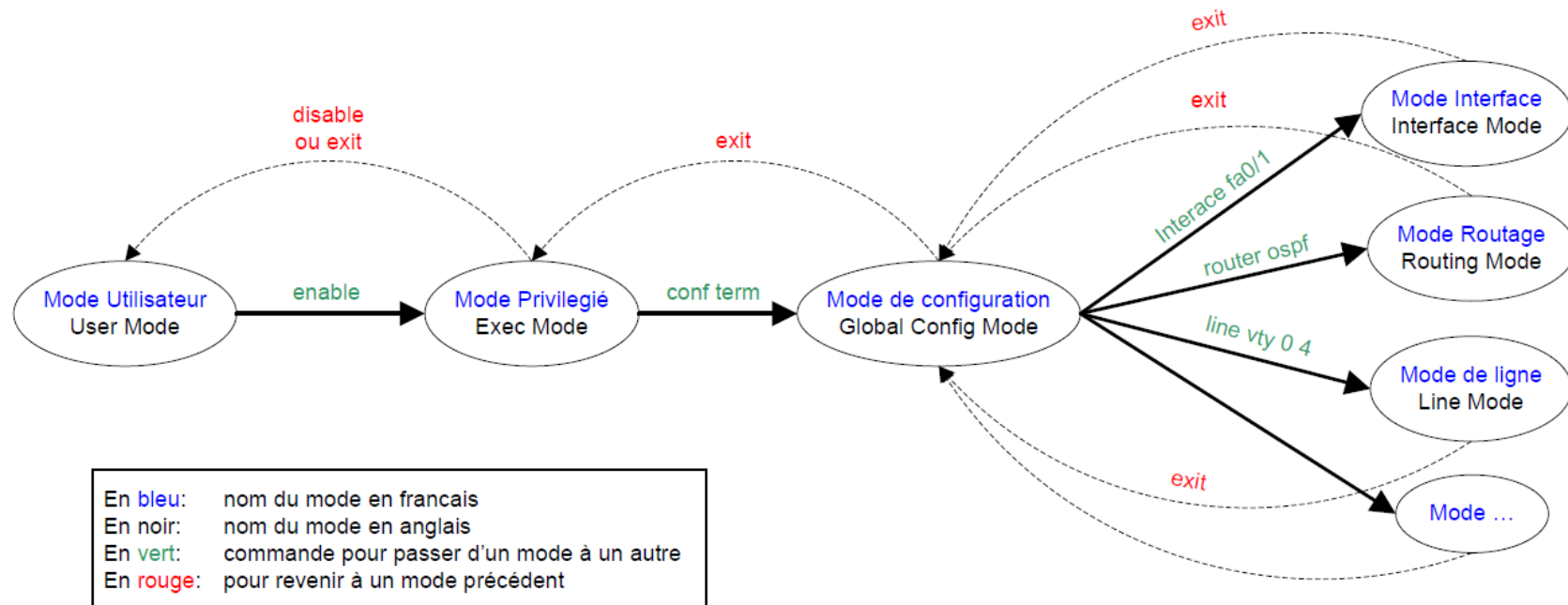


# Passage d'un mode à un autre





# Sortir d'un mode





# Visualisation du mode

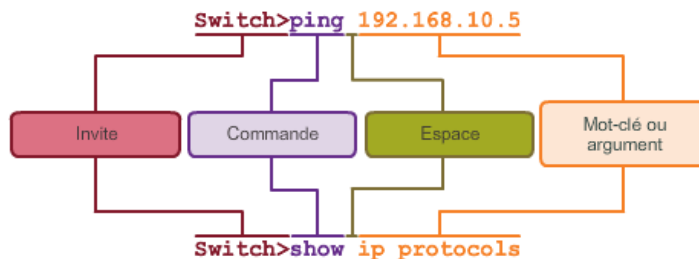
```
Switch>
Switch>
Switch>
Switch>
Switch>
Switch>
Switch> ← Mode non privilégié
Switch>enable
Switch#
Switch# ← Mode privilégié
Switch#
Switch#
Switch#configure terminal
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Switch(config)#
Switch(config)# ← Mode config globale
Switch(config)#interface FastEthernet 0/1
Switch(config-if)#
Switch(config-if)# ← Mode config interface
Switch(config-if)#exit
Switch(config)#
Switch(config)#
Switch(config)#exit

%SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console
Switch#
Switch#
Switch#disable
Switch>
Switch>
Switch>
Switch>
```



# Structure des commandes IOS

- Chaque commande IOS possède une syntaxe précise et ne peut être exécutée que dans le mode approprié.
- Un nom de commande suivi des mots-clés et des arguments.
- Appuyer sur Entrée pour exécuter la commande.





# Aides du Cisco IOS

Le système IOS propose plusieurs types d'aides :

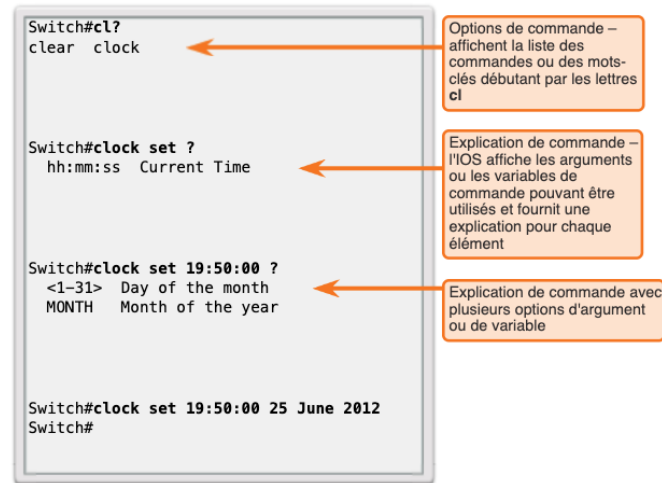
- Aide contextuelle ('?')
- Contrôle de la syntaxe
- Raccourcis clavier



# Aide contextuelle

- Affiche la liste des commandes, mots-clés ou arguments disponibles
- Utile quand on connaît pas le nom exact d'une commande ou ses options

Aide contextuelle



The screenshot shows the context-sensitive help for the 'clock' command in Cisco IOS. It displays the command syntax and the available options. Three orange callout boxes provide additional information:

- Options de commande –** affichent la liste des commandes ou des mots-clés débutant par les lettres `cl`
- Explication de commande –** l'IOS affiche les arguments ou les variables de commande pouvant être utilisés et fournit une explication pour chaque élément
- Explication de commande avec** plusieurs options d'argument ou de variable

```
Switch#cl?  
clear clock  
  
Switch#clock set ?  
hh:mm:ss Current Time  
  
Switch#clock set 19:50:00 ?  
<1-31> Day of the month  
MONTH Month of the year  
  
Switch#clock set 19:50:00 25 June 2012  
Switch#
```



Lorsqu'on appuie sur Entrée, l'interpréteur de commandes analyse la commande de gauche à droite

- Si la commande est correcte -> IOS l'exécute et affiche de nouveau l'invite
- Si la commande est incorrecte -> IOS renvoie un message d'erreur

## Type de messages d'erreur

- Commande ambiguë
- Commande incomplète
- Commande incorrecte

```
Switch#>clock set  
% Incomplete command.  
Switch#clock set 19:50:00  
% Incomplete command.
```

L'IOS renvoie un message d'aide indiquant que des mots clés ou arguments requis ont été abandonnés à la fin de la commande.

```
Switch#c  
% Ambiguous command: 'c'
```

L'IOS renvoie un message d'aide pour signaler que le nombre de caractères saisis n'était pas suffisant pour que l'interpréteur puisse reconnaître la commande.

```
Switch#clock set 19:50:00 25 6  
^  
% Invalid input detected at '^'  
marker.
```

L'IOS renvoie un caractère « ^ » pour indiquer à quel endroit l'interpréteur de commandes ne parvient pas à comprendre la commande.



# Raccourcis clavier

- Tab : compléter automatiquement une commande ou un mot-clé
- Ctrl+C : annuler la commande en cours ou quitter un mode
- Ctrl+Z : revenir directement au mode d'exécution privilégié

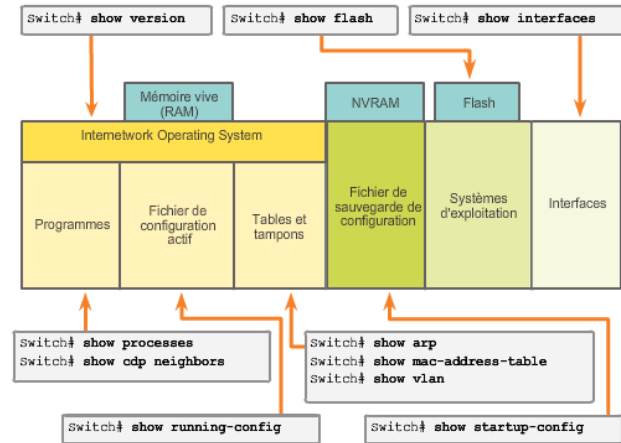
Commandes abrégées :

- *configure terminal -> conf t*
- *show interfaces -> sh int*



# Commandes *show*

- Pour contrôler et dépanner le réseau, il est essentiel d'examiner l'état des périphériques.
- La commande de base : *show*, qui permet d'afficher des infos sur la configuration, l'utilisation et l'état...





Même si on peut limiter physiquement l'accès (salle ou armoires verrouillées), il est recommandé de utiliser les mots de passe.

- Enable password : protège l'accès au mode privilégié (non chiffré)
- Enable secret : protège aussi le mode privilégié (chiffré)
- Console password : contrôle l'accès local via le port console
- VTY password : contrôle l'accès à distance via Telnet/SSH



# Résumé (Cours 5)

- Switch
  - Apprentissage des adresses MAC
  - VLAN
  - Trunk
  - Routage inter-VLAN
- Cisco IOS
  - CLI
  - Modes
  - Commandes