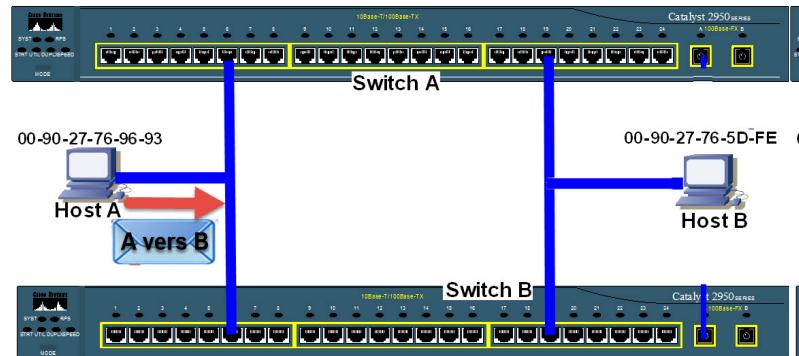
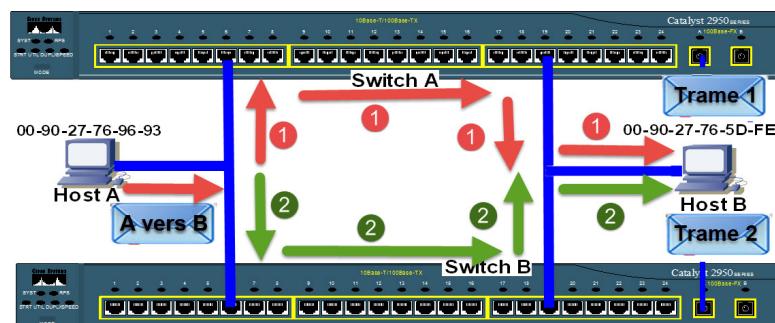


- Maintenant, imaginons que la station A envoie une trame vers la station B, donc la trame sera forgée avec les informations suivantes :

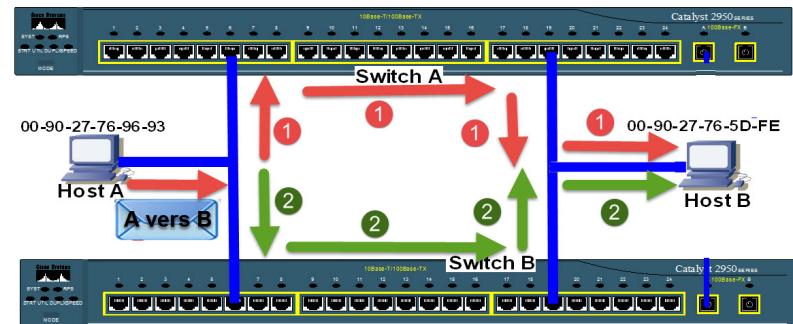
- Adresse MAC source : MAC A.
- Adresse MAC destination : MAC B.



- Que se passe-t-il ?

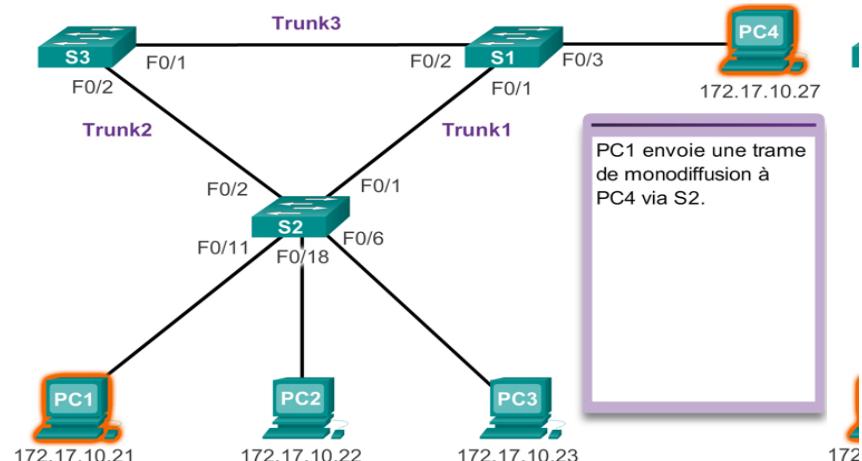


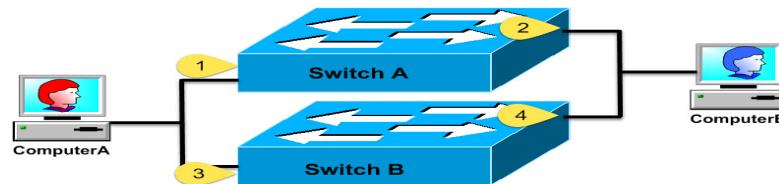
- Ce phénomène s'appelle la **duplication de trame**.



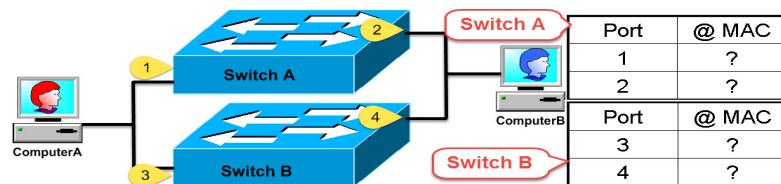
- Le switch du haut reçoit la trame sur son port (flèche rouge), extrait l'adresse MAC de destination (B) et la commute sur le port de droite. La station B reçoit bien la trame de la station A.
- Mais le switch du bas reçoit aussi la trame sur son port (flèche verte), extrait l'adresse MAC de destination (B) et la commute sur le port de droite. La station B reçoit donc pour une deuxième fois la trame de la station A.

Un autre exemple :



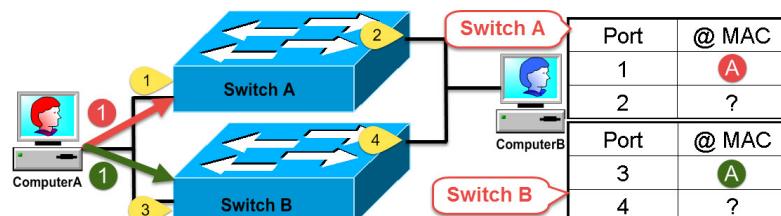


- Maintenant, regardons un peu ce qu'il se passe côté table de commutation MAC "CAM – Content Addressable Memory" du switch.



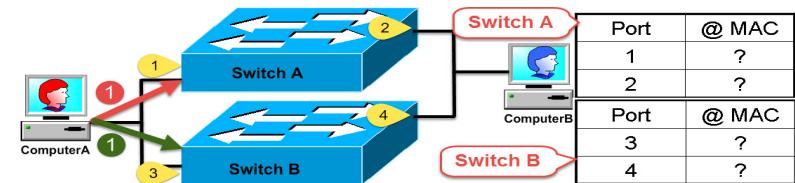
- Pour ceux qui ont oublié cette notion, il faut voir les chapitre 1 (switching).

- La trame arrive aussi sur le port 3 du switch du bas. Le switch extrait l'adresse MAC source et l'insère dans sa table MAC [port 3 = adresse MAC A].

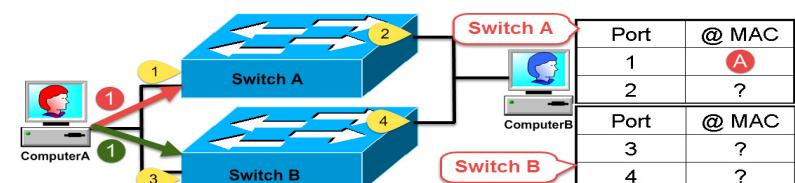


- Maintenant que chaque switch a extrait l'adresse MAC source pour l'insérer dans sa table.
- Chacun extrait l'adresse MAC de destination (B) et la compare à sa table.
- Comme aucune entrée n'est trouvée, chaque switch va dupliquer la trame sur tous ses ports :
 - Le switch du haut envoie la trame sur son port 2.
 - Le switch du bas envoie la trame sur son port 4.

Reprenez la trame précédente (message de A vers B) :

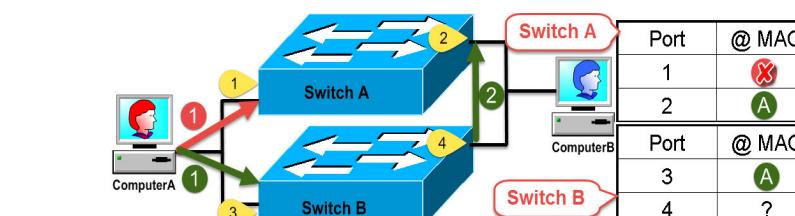


- La trame arrive sur le port 1 du switch du haut (switch A). Le switch extrait l'adresse MAC source et l'insère dans sa table MAC [port 1 = adresse MAC A].



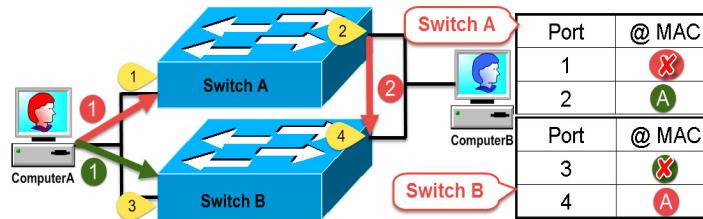
Et c'est là où ça devient cocasse (drôle) car chaque switch reçoit la trame de l'autre switch...

- Le switch du haut reçoit sur son port 2 la trame du switch du bas
 - Le switch extrait l'adresse MAC source et l'insère dans sa table MAC [port 2 = adresse MAC A].



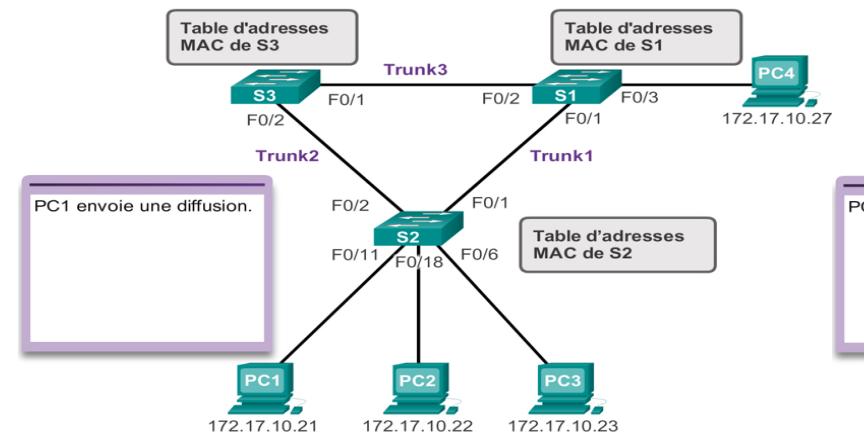
- Pour cela, il supprime l'entrée précédente qui était [port 1 = adresse MAC A].

- Le switch du bas reçoit sur son port 4 la trame du switch du haut
- Le switch extrait l'adresse MAC source et l'insère dans sa table MAC [port 4 = adresse MAC A].

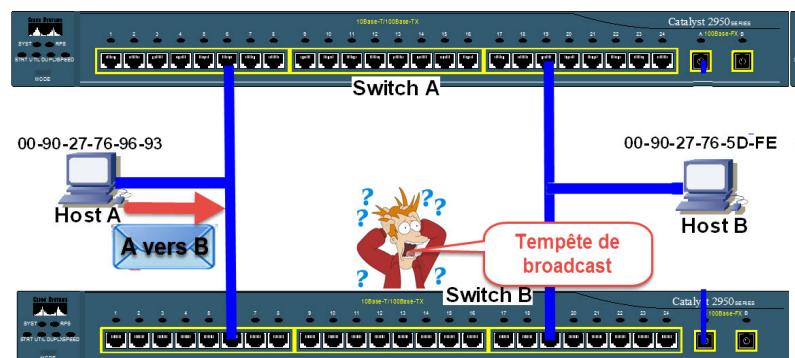


- Pour cela, il supprime l'entrée précédente qui était [port 3 = adresse MAC A].
- On voit ici que les switchs mettent à jour leur table MAC à chaque fois qu'ils reçoivent une trame.
- Ce phénomène s'appelle l'**instabilité de la table MAC**.

Un autre exemple :



- Pour éviter ces 3 problèmes (tempête de broadcast, duplication de trame et instabilité de la table MAC).



- La solution : Utilisation de protocole **spanning-tree**.
- Comme ces problèmes proviennent du fait que le réseau commuté est face à une boucle physique, le **spanning-tree** permet d'identifier cette boucle et de la bloquer « logiciellement ».

- Introduction
- Problèmes d'une interconnexion redondante
- Protocole Spanning Tree (STP)**
- Fonctionnement de STP
- Configuration de STP
- Types de protocoles STP

- Le protocole Spanning Tree (STP) est un protocole de couche 2 (liaison de données) conçu pour les commutateurs.
- Le standard STP est défini dans le document **IEEE 802.1D**.
- Il permet de créer un chemin sans boucle dans un environnement commuté et physiquement redondant.
- STP détecte et désactive ces boucles et fournit un mécanisme de liens de sauvegarde.
- Le standard a été amélioré en incluant IEEE 802.1w Rapid Spanning Tree (RSTP).
- Cisco dispose de ses propres versions correspondantes.
- Spanning-Tree (STP) répond à la problématique de liaisons redondantes.
- Son fonctionnement est basé sur l'algorithme " spanning tree " (STA).

- Une topologie physique redondante fournira des chemins multiples visant à améliorer la fiabilité d'un réseau.
- Toutefois, elle présente le désavantage de créer des boucles dans le réseau.
- Pour résoudre ce problème, STP crée au sein de cette topologie redondante un chemin sans boucle basé sur le chemin le plus court.
- Ce chemin est établi en fonction de la somme des coûts de liens entre les commutateurs.
- Aussi, un chemin sans boucle suppose que certains ports soient bloqués et pas d'autres.
- STP échange régulièrement des informations (appelées des **BPDU - Bridge Protocol Data Unit**) afin qu'une éventuelle modification de topologie puisse être adaptée sans boucle.
- STP est activé par défaut sur les commutateurs Cisco, il crée un chemin sans boucles automatiquement entre eux.

- Il fait partie de la norme **IEEE 802.1d**.
- **Le principe est simple** : construire une arborescence sans boucle à partir d'un point identifié, connu sous le nom de **racine**.
- Les chemins redondants sont autorisés, mais un seul peut être le chemin actif.
- Cet algorithme a été développé par Radia Perlman.
- Tous les commutateurs envoient des unités BPDU (Bridge Protocol Data Units) de configuration.
- Tous les ports se trouvent en mode **Bloque** durant le processus " Spanning Tree " initial.

Les unités BPDU sont envoyées vers toutes les interfaces toutes les deux secondes (valeur par défaut - paramétrable).

Numéro de champ	Octets	Champ
1 à 4	2	ID de protocole
	1	Version
	1	Type de message
	1	Indicateurs
5 à 8	8	ID de racine
	4	Coût du chemin
	8	ID de pont
	2	ID du port
9 à 12	2	Âge du message
	2	Âge maximal
	2	Temps Hello
	2	Délai de transmission

Frame 1 (60 bytes on wire, 60 bytes captured)
 IEEE 802.3 Ethernet
 Destination: spanning-tree-(for-bridges)_00 (01:80:c2:00:00:00)
 Source: Cisco_9e:93:03 (00:19:aa:9e:93:03)
 Length: 38
 Trailer: 0000000000000000
 Logical Link Control
Spanning Tree Protocol
 Protocol Identifier: spanning Tree Protocol (0x0000)
 Protocol Version Identifier: Spanning Tree (0)
 BPDU Type: Configuration (0x00)
 BPDU flags: 0x01 (topology change)
 Root Identifier: 24577 / 00:19:aa:9e:93:00
 Root Path Cost: 0
 Bridge Identifier: 24577 / 00:19:aa:9e:93:00
 Port identifier: 0x8003
 Message Age: 0
 Max Age: 20
 Hello Time: 2
 Forward Delay: 15

Plan de chapitre

Processus STA est :

- **Étape 1 : Désignation (élection) d'un switch racine (Switch ROOT).**
 - Priorité du switch.
 - ID de switch.
 - Switch racine (**Switch ROOT**).
- **Étape 2 : Désignation des ports racine (RootPort (RP)).**
 - Coût de la route ou Coût du port.
 - Coût du chemin racine.
 - Port racine (**RootPort (RP)**).
- **Étape 3 : Choix (élection) des ports désignés(DesignatedPort (DP)).**
 - Port désigné (designated).
 - Port non désigné (non designated ou blocked) (**NDP** ou **BP**) ou alternatif.

1 Introduction

2 Problèmes d'une interconnexion redondante

3 Protocole Spanning Tree (STP)

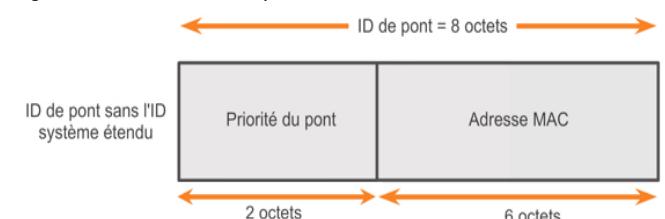
4 Fonctionnement de STP

5 Configuration de STP

6 Types de protocoles STP

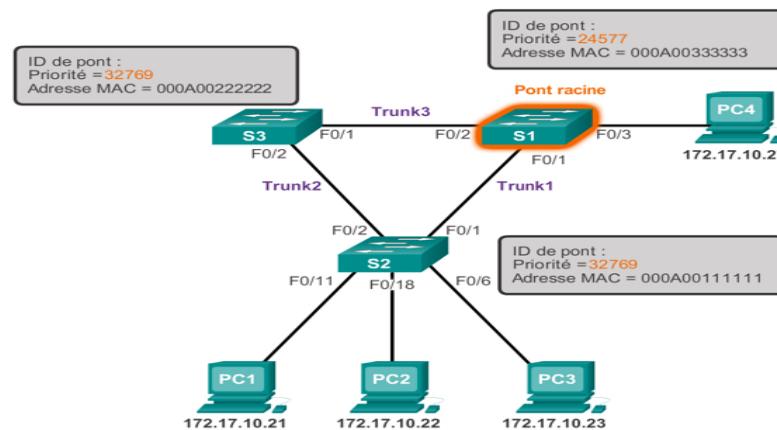
- La première étape pour les commutateurs consiste à sélectionner un commutateur racine.
- Le commutateur racine est le commutateur à partir duquel tous les autres chemins sont décidés.
- Un seul commutateur peut prétendre au titre de commutateur racine.
- Ce Switch est appelé le **commutateur Root** (principal) sera le point central de l'arbre STP.
- Par défaut, le commutateur qui aura l'identifiant (ID) la plus faible sera élu Root.
- Le champ d'ID de switch d'une trame BPDU contient soit :
 - Deux champs distincts : La priorité (2 octets) et L'adresse MAC (6 octets) [Tiebreaker ou switch de départage].
 - Trois champs distincts : Priorité du switch, ID système étendu et Adresse MAC.
- Chaque champ est utilisé lors du processus de sélection du pont racine.

- Il s'agit d'une valeur numérique.

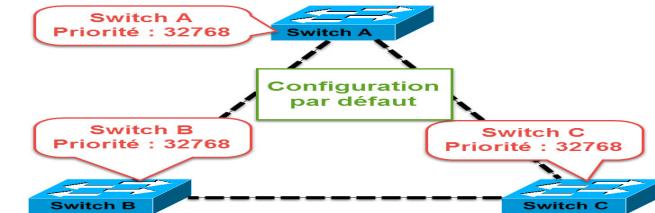


- La plage autorisée va de 0 à 61440, par incrément de 4096.
- Les valeurs de priorité valides sont donc : 0, 4096, 8192, 12288, 16384, 20480, 24576, 28672, 32768, 36864, 40960, 45056, 49152, 53248, 57344 et 61440.
- Toute autre valeur sera rejetée.
- Sur tous les commutateurs Cisco Catalyst, la priorité de switch par défaut est **32768**.

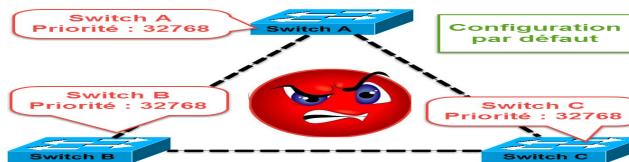
- Le commutateur qui présente la priorité de switch la plus faible est le switch racine (switch Root).



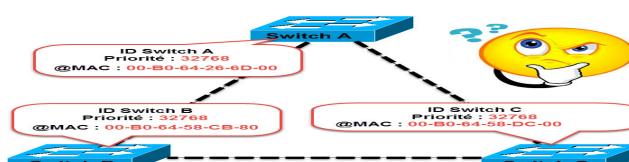
- Pour ce faire, les commutateurs utilisent des unités BPDU.
- Chaque commutateur se considère comme le switch racine jusqu'à ce qu'il découvre qu'il en va autrement.
- On se trouve donc dans une situation d'égalité ! Et après ?



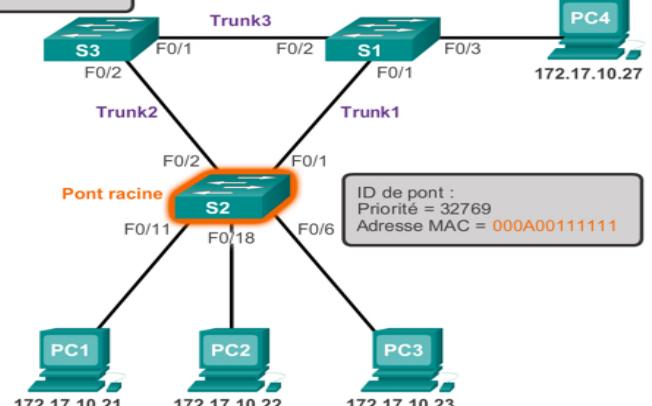
En cas de partage (Égalité), l'ID de switch est utilisé...



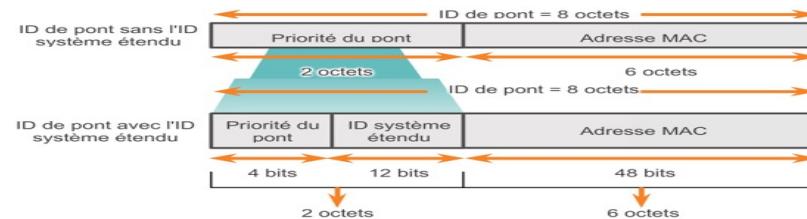
- L'ID de switch est l'**adresse MAC** affectée à chaque commutateur.
- L'ID de switch inférieur (adresse MAC) permet de départager les switches.
- Chaque adresse MAC étant unique, vous avez ainsi la garantie qu'un seul switch aura la valeur la plus faible.
- Qui a la valeur la plus faible ?



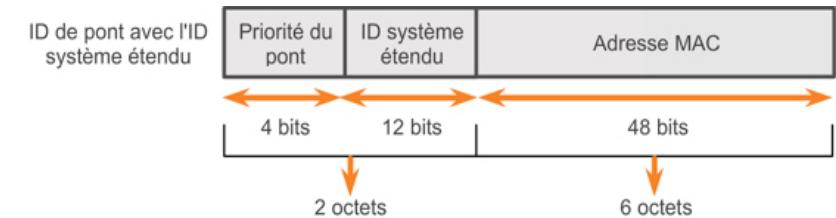
ID de pont :
Priorité = 32769
Adresse MAC = 000A00222222



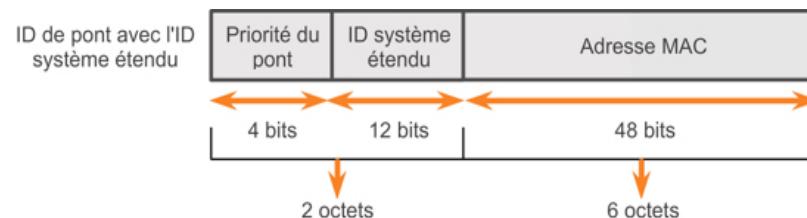
- Les premières versions du protocole STP (IEEE 802.1D) avaient été conçues pour des réseaux n'utilisant pas de réseau local virtuel (VLAN).
- Il existait un seul arbre recouvrant commun sur tous les commutateurs.
- Pour cette raison, sur les anciens commutateurs Cisco, l'ID système étendu n'était pas obligatoire dans les trames BPDU.
- Alors que les VLAN étaient de plus en plus répandus pour la segmentation de l'infrastructure réseau, le protocole 802.1D a été modifié afin d'inclure la prise en charge des VLAN, imposant l'intégration d'un ID de VLAN dans la trame BPDU.



- Les données de VLAN sont incluses dans la trame BPDU par le biais d'un ID système étendu.
- Tous les commutateurs récents intègrent par défaut l'utilisation de l'ID système étendu.
- La valeur d'ID système étendu est ajoutée à la valeur de priorité de pont dans le champ d'ID de pont pour identifier la priorité et le VLAN de la trame BPDU.



- Le champ de priorité du pont est de 2 octets ;
- 4 bits sont utilisés pour la priorité du pont et 12 bits pour l'ID système étendu, qui identifie le VLAN participant au processus STP concerné.
- L'utilisation de ces 12 bits pour l'ID système étendu réduit le champ de priorité du pont à 4 bits seulement.
- Ce processus réserve les 12 bits les plus à droite à l'ID de VLAN et les 4 bits les plus à gauche à la priorité du pont. La valeur de priorité du switch peut uniquement être configurée sur des multiples de **4 096**, ou 2^{12} .



- La priorité de tous les commutateurs est de 32769.
- Cette valeur est basée sur la priorité par défaut (32768) et sur l'attribution du VLAN 1 associé à chaque commutateur ($32768 + 1$).

