

# *LaidaNet*

## Un réseau ponté à commutation de labels

Thierry K.Feuzeu, Bernard Cousin

IRISA/INRIA – Campus de Beaulieu, 35042 Rennes Cedex, France  
tfeuzeuk@irisa.fr bcousin@irisa.fr  
<http://www.irisa.fr/armor>

**Résumé** : L'évolution des réseaux est marquée aujourd'hui par deux grandes tendances : l'utilisation d'Ethernet pour le transport des données sur la couche 2 et l'utilisation de la technique de commutation de labels pour la gestion du trafic (MPLS s'est imposé comme le standard). Avec *LaidaNet*, nous nous proposons de combiner la technique de commutation de labels et la technique de pontage afin d'améliorer les services fournis dans les réseaux locaux Ethernet.

Nous introduisons dans le réseau ponté un *contrôleur* chargé de sa configuration et couplé à un serveur de résolution d'adresses qui renvoie des adresses MAC étiquetées, c'est-à-dire dans lesquelles des labels sont inscrits. Ainsi, les labels grâce auxquels les commutateurs redirigent les trames sont inscrits dans le champ *destination address* dès leur émission.

Les avantages d'un réseau *LaidaNet* sont multiples. La commutation de labels permet d'offrir des fonctionnalités avancées de gestion de trafic, le recours à la diffusion est réduit, et les fonctions des commutateurs sont simplifiées. Pour illustrer sa souplesse, nous présentons comment elle favorise une nouvelle approche des VLAN, en combinant notamment différentes techniques existantes : VLAN basé sur le port, les adresses MAC et les protocoles ou adresses de niveau 3.

**Mots-clés** : Réseaux locaux, Ethernet, commutation de labels, VLAN

## 1 Introduction

Ethernet est la technologie la plus utilisée aujourd'hui dans les réseaux locaux, en raison de son débit de plus en plus élevé, de son faible coût, de sa facilité d'utilisation, de maintenance, et de sa capacité à supporter différents types d'applications. Cependant, du fait du partage d'un support physique unique et des collisions qui en résultent, les réseaux locaux Ethernet offrent une bande passante cumulée limitée à celle du support physique, et qui diminue avec le nombre de stations et l'envergure du réseau.

Pour faire face à ce problème, les techniques de pontage sont généralement employées. Les segments Ethernet sont interconnectés par des ponts ou commutateurs, qui ont pour rôle de filtrer et rediriger le trafic entre les stations. Cette technique permet de réduire les domaines de collisions, et par conséquent d'améliorer la bande passante effective et d'accroître l'envergure des réseaux locaux. Associée aux techniques de pontage, la technique de VLAN (*Virtual Local Area Network*) permet de segmenter un réseau ponté en plusieurs domaines de diffusion. Elle facilite ainsi la gestion, améliore les performances et la sécurité dans les réseaux locaux. Cependant, les techniques de pontage et les VLAN ne résolvent pas tous les problèmes d'extensibilité d'Ethernet. L'absence de mécanismes avancés de gestion de trafic rend difficile la mise en œuvre de services tels que le routage explicite, la réservation de ressources ou la protection contre les pannes. De plus, pour des réseaux auxquels sont connectées un grand nombre de stations, les commutateurs sont sujets à des risques d'explosion de leurs tables de pontage.

Dans ce document, nous proposons une technique de pontage basée sur la commutation des labels qui simplifie les fonctionnalités des commutateurs, réduit la quantité de données qu'ils gèrent et échangent, réduit le recours à la diffusion, et offre suffisamment de souplesse pour mettre en œuvre différents services supplémentaires au dessus d'Ethernet. Nous l'illustrons en décrivant la mise en œuvre de quelques services tels que le routage explicite, la gestion des pannes et la sécurité, et ensuite en décrivant l'implémentation des VLAN dans *LaidaNet*.

## 2 Le pontage

Les réseaux locaux Ethernet sont limités tant dans leur expansion que dans la quantité de données pouvant y être transportées. Ainsi d'après (IEEE 802.3, 2002), un segment Ethernet 100Base-TX offre une vitesse maximale de 100Mb/s, et sa portée maximale ne peut excéder 100m. Le débit de l'ensemble du réseau diminue rapidement avec le nombre de stations. Ceci tient au fait qu'un segment Ethernet constitue un seul domaine de collision et un seul domaine de diffusion (figure 1(a)). Une trame envoyée par une station est acheminée vers toutes les autres. Toute la largeur de bande est occupée par la seule station émettrice, et une émission simultanée cause une collision et la perte des données transmises.

Il est alors logique de segmenter un réseau local fortement chargé ou très étendu en plusieurs composantes. Chaque composante constitue un domaine de collision distinct, et l'ensemble forme un domaine de diffusion unique (figure 1(b)). C'est la technique du pontage (IEEE 802.1D, 1998). L'élément de branchement permettant de relier les différents réseaux locaux à un réseau local logique est appelé un commutateur, ou un pont. Un commutateur opère à la couche liaison de données (couche 2) et sépare le trafic entre les segments interconnectés. La charge de l'ensemble du réseau s'en trouve améliorée car les stations peuvent émettre sur un segment indépendamment du trafic existant dans d'autres segments.

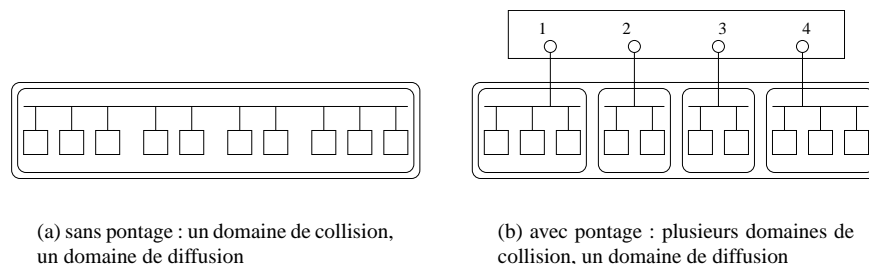


FIG. 1 – Réseaux locaux

Les techniques de pontage présentent généralement les différentes caractéristiques ci-après.

*Le pontage local ou distant* : Le pontage local relie deux ou plusieurs réseaux locaux voisins et le branchement a lieu à la sous-couche MAC, tandis que le pontage distant relie deux réseaux locaux séparés par un autre réseau (généralement un WAN) et le branchement a lieu sur la sous-couche LLC.

*Le pontage avec ou sans translation* : Cette propriété indique si les commutateurs ont la capacité de relier plusieurs réseaux locaux utilisant différents protocoles d'accès au support (par exemple Token Ring et Ethernet).

*Le pontage transparent ou avec routage par la source* : Dans le pontage avec routage par la source, la station émettrice détermine le chemin suivi par la trame ; c'est une extension de la norme Token Ring (IEEE 802.5, 1998). Le pontage transparent consiste à relier de façon transparente plusieurs LAN, c'est-à-dire sans que les stations remarquent la présence des commutateurs.

Dans la suite, nous nous intéresserons au pontage local, sans translation et transparent, qui peut être utilisé dans tous les réseaux 802.x (IEEE 802, 2001).

### 2.1 Les fonctions des commutateurs

La fonction de filtrage (ou redirection) des trames constitue la principale tâche d'un commutateur. Pour cela, il a besoin d'une fonction de remplissage de sa table de pontage. En outre, la présence de liens redondants dans l'interconnexion crée des problèmes qui sont résolus grâce au protocole du *Spanning Tree*.

#### 2.1.1 Le filtrage

Lorsqu'un commutateur reçoit une trame en circulation sur le réseau local, il interprète l'adresse de destination et décide s'il doit le rediriger ou non vers un autre réseau local. Les informations servant à la décision de redirection sont enregistrées dans une table de pontage (*forwarding database*). Les entrées de la table de pontage indiquent pour chaque destination accessible à travers le commutateur le port sur lequel les trames

doivent être redirigées ; elles résultent de la fonction d'apprentissage. Lorsqu'une adresse ne peut être trouvée dans la table de pontage, la trame est ré-émise sur toutes les sorties du commutateur à l'exception de son port d'entrée. Il est ainsi possible d'atteindre les stations dont l'emplacement n'est pas encore connu.

### 2.1.2 L'apprentissage

La fonction d'apprentissage consiste en la création et la maintenance des entrées de la table de pontage. Le commutateur analyse à cette fin l'ensemble du trafic reçu sur tous ses ports. Pour chaque trame reçue, il enregistre dans sa table de pontage l'adresse MAC de l'émetteur et le port local sur lequel elle a été reçue. Cette technique s'appelle l'apprentissage par la source, et part du principe que le port sur lequel une trame est reçue est l'itinéraire le plus probable vers la station émettrice. Pour maintenir les entrées de sa table de pontage constamment à jour, le commutateur adjoint à chacune d'elles un temps d'activité, qui indique la durée de validité de l'entrée. Le commutateur met cette valeur à jour chaque fois qu'il reçoit une trame émise par la station correspondante. Si le temps d'activité s'est écoulé, l'entrée est supprimée car on suppose que la station est soit éteinte, soit déconnectée du réseau.

### 2.1.3 Le *Spanning Tree*

Dans un réseau local ponté, il existe souvent des liens redondants. Par exemple pour des raisons de répartition des charges et de sécurité en cas de panne, on peut placer plusieurs commutateurs en parallèle pour relier des réseaux locaux. Or en présence de cycle, la fonction de filtrage duplique inutilement le trafic, et la fonction d'apprentissage produit des entrées éronnées dans la table de pontage (Stallings, 1997).

Pour résoudre ce problème, on met en place le protocole *Spanning Tree* ou arbre de recouvrement (IEEE 802.1D, 1998). Son rôle est de reconnaître les liens redondants dans la topologie cyclique et établir une structure arborescente ne contenant plus aucun cycle. Les liens redondants sont désactivés, et peuvent être réactivés au besoin, par exemple en cas de panne d'un port ou d'un commutateur actif : la redondance dans l'interconnexion reste ainsi utile. Les commutateurs échangent des BPDU *Bridge Protocol Data Units* et arrivent de manière décentralisée à désactiver les ports qui créent des redondances dans l'interconnexion.

## 2.2 Les VLAN

La fonction d'un réseau ponté consiste à améliorer les services fournis en segmentant le réseau en plusieurs domaines de collision. En l'absence d'autre mécanisme, un réseau ponté constitue un seul domaine de diffusion (figure 2(a)). Une diffusion émise par un hôte sur un seul segment est propagé à tous les segments, saturant la bande passante du réseau entier.

### 2.2.1 Intérêt des VLAN

Les commutateurs fournissent une méthode de segmentation nommée VLAN (IEEE 802.1Q, 2003). Les VLAN permettent de grouper les stations d'un LAN ponté dans des domaines de diffusion distincts, indépendamment de leur emplacement physique dans le réseau (figure 2(b)). Un VLAN est un domaine de diffusion logique qui peut recouvrir plusieurs segments physiques. Les avantages des VLAN sont la sécurité, la segmentation et la souplesse.

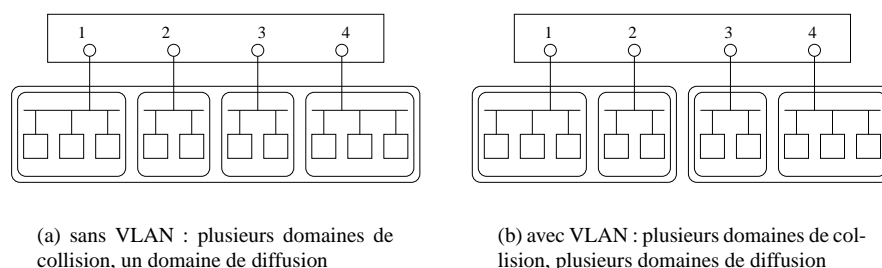


FIG. 2 – Réseaux locaux pontés

### 2.2.2 Mise en œuvre

Les implémentations actuelles des VLAN admettent généralement l'un seul de ces trois modes de répartition des stations : VLAN basé sur le port, sur l'adresse MAC ou sur le protocole ou adresse de niveau 3. Dans le premier mode, l'appartenance d'une station à un VLAN est déterminée par le port du commutateur sur lequel elle est connectée. Dans les deux autres cas, c'est les informations relatives à la station qui déterminent son appartenance à un VLAN. Les VLAN basés sur le port ont été choisis comme standard par la norme 802.1Q (IEEE 802.1Q, 2003).

Lorsqu'un commutateur d'un VLAN reçoit une trame, il doit identifier à quel VLAN elle appartient avant de la rediriger. Cette fonction peut être réalisée de façon implicite ou explicite. Elle est réalisée de façon implicite si l'appartenance à un VLAN est indiquée par un ou plusieurs champs de la trame Ethernet standard. Les commutateurs maintiennent une table d'association entre les valeurs possibles de ces champs et les identificateurs de VLAN. C'est le cas des VLAN basés sur l'adresse MAC ou sur le protocole de niveau 3. Elle est réalisée de façon explicite si un champ *VLAN id* est ajouté à la trame, et utilisé par les commutateurs pour identifier le VLAN auquel elle appartient. C'est la méthode préférée dans les VLAN basés sur le port. Dans les deux cas, le fonctionnement des commutateurs est modifié pour prendre en compte la présence des VLAN.

## 3 Le pontage dans *LaidaNet*

Un réseau *LaidaNet* (figure 3) est composé d'un ensemble de stations hôtes interconnectées par un ensemble de commutateurs, le tout géré par un *contrôleur*.

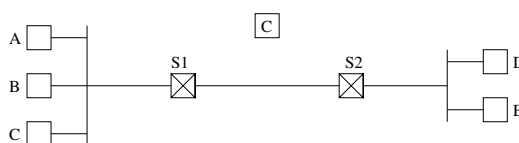


FIG. 3 – Un réseau *LaidaNet*

Les stations hôtes sont des stations standard : elles se comportent de la même manière que si elles étaient connectées à un seul segment Ethernet. Elles diffusent une requête de résolution d'adresse pour connaître l'adresse MAC de leur correspondant, puis inscrivent l'adresse obtenue dans les trames qu'elles émettent. Les ponts qui forment le cœur du réseau commutent les trames en fonction des labels qui y sont inscrits. Lorsqu'une trame étiquetée d'un label (dit label d'entrée) est reçue sur un port d'un commutateur, le label d'entrée est remplacé par un label (dit label de sortie), et la trame est retransmise sur un autre port (dit port de sortie). Le label et le port de sortie sont indiqués par l'entrée de sa table de commutation indexée par le label d'entrée. Le *contrôleur* est l'élément central du réseau *LaidaNet*. Il a pour rôle de configurer les chemins commutés dans le réseau, en fonction de sa topologie et des besoins de communication des stations et des commutateurs.

### 3.1 Fonctionnement

#### 3.1.1 Configuration du réseau

Pour assurer sa fonction de configuration de *LaidaNet*, le *contrôleur* doit maintenir une représentation de la topologie du réseau (commutateurs et stations). Pour cela, les commutateurs découvrent leur voisinage en échangeant des messages entre eux, et les commutateurs de bordure (connectés aux segments Ethernet) découvrent les stations en analysant le trafic qu'elles génèrent. Ces informations sont transmises au *contrôleur* qui en déduit la topologie entière du réseau.

Sur la base de cette topologie, des besoins de communication des commutateurs et des stations, et éventuellement d'autres contraintes (sécurité, fiabilité, optimisation des ressources) le *contrôleur* calcule et configure ensuite des chemins dans le réseau. Dans un réseau *LaidaNet* correctement configuré, un chemin bidirectionnel existe entre chaque paire de commutateurs de bordure connectés chacun à un segment Ethernet distinct (*S1* et *S2* sur la figure 4), et un label a été associé à chaque station détectée sur le réseau (*A*, *B*, *C*, *D* et *E* sur la figure 4).

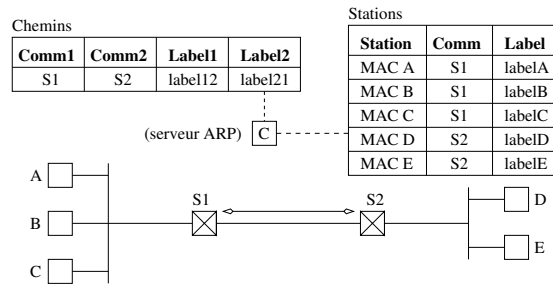


FIG. 4 – Gestion des labels dans le *contrôleur*

Le *contrôleur* gère l'ensemble des labels dans deux tables : la table *Chemins* et la table *Stations* (figure 4). Une entrée de la table *Chemins* indique qu'un chemin commuté bidirectionnel<sup>1</sup> à été configuré entre les commutateurs *Comm1* et *Comm2*, et que une trame reçue sur *Comm1* (resp. *Comm2*) et étiquetée du label *Label1* (resp. *Label2*) sera redirigée le long de ce chemin jusqu'à *Comm2* (resp. *Comm1*). Une entrée de la table *Stations* indique que la station *Station* (identifiée par son adresse MAC) est connectée au même segment Ethernet que le commutateur *Comm*, et qu'une trame reçue sur *Comm* et étiquetée du label *Label* sera retransmise avec l'adresse MAC de *Station*.

### 3.1.2 Acheminement du trafic

Les labels qui permettent aux commutateurs d'acheminer le trafic sont stockés dans deux tables de commutation : les tables *Chemins* et *Stations* (figure 5). Une entrée de la table *Chemins* indique à un commutateur le label et le port de sortie associée à un label d'entrée donné. Lorsque que l'entrée de la table *Chemins* indique à un commutateur de bordure qu'il est l'extrémité terminale du chemin, une entrée de la table *Stations* lui indique l'adresse MAC réelle du destinataire et le port de sortie correspondant.

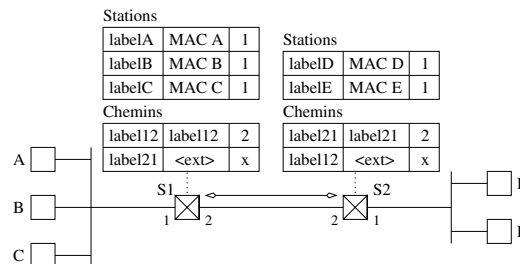


FIG. 5 – Gestion des labels dans les commutateurs

Les requêtes de résolution d'adresse diffusées par les stations sont interceptées par les commutateurs de bordure et systématiquement redirigées vers le *contrôleur*, lorsque les deux stations concernées sont localisées sur des segments Ethernet distincts, c'est-à-dire lorsque la cible de la requête est absente de la table *Stations*. À la réception d'une telle requête, le *contrôleur* renvoie une adresse MAC étiquetée, c'est-à-dire une adresse dans laquelle des labels ont été codés. La station émettrice envoie la trame à l'adresse indiquée, les commutateurs la redirigent grâce aux labels, le commutateur de bordure situé à l'extrémité terminale du chemin remplace l'adresse MAC réelle du destinataire dans la trame, et la station destinataire peut ainsi reconnaître et accepter la trame qui lui est destinée.

Le *contrôleur* code deux labels dans chaque adresse ainsi renvoyée. Un *label-chemin* qui permet aux commutateurs d'identifier le chemin suivi par la trame, et un *label-station* configuré dans l'extrémité terminale du chemin et qui lui permet d'identifier la station destinataire de la trame. Sur la figure 5 par exemple, une trame émise de *A* vers *D* sera étiquetée de la paire de labels (*label12*, *labelD*).

<sup>1</sup>En réalité, deux chemins commutés unidirectionnels.

### 3.2 Avantages et inconvénients

Le principal avantage de *LaidaNet* découle de l'utilisation de la commutation de labels. Ceux-ci permettent de mettre en œuvre des techniques avancées de gestion du trafic (équilibrage de charge, réservation de ressources, chemins de secours). Ensuite, la présence de deux labels dans les trames permet d'agréger le trafic dans le cœur du réseau, et par conséquent de réduire la taille des tables de commutation. Contrairement à d'autres solutions d'interconnexion de LAN basées sur la commutation de labels, *LaidaNet* ne nécessite pas la présence d'une fonction d'adaptation entre le segment Ethernet et le cœur du réseau, et vice-versa. Les commutateurs de bordure ne manipulent que les adresses MAC des stations de leur voisinage. De plus, les labels sont codés dans un champ standard de la trame Ethernet, ce qui n'induit pas de trafic supplémentaire dans le réseau.

Ensuite, le fonctionnement des commutateurs est simplifié car ils n'implémentent ni l'algorithme du *Spanning Tree*, ni la fonction de remplissage des tables de pontage (apprentissage par la source). Leurs fonctionnalités se résument à peu de choses près à découvrir leur voisinage et à retransmettre les trames Ethernet. L'absence de *Spanning Tree* permet une meilleure utilisation des ressources du réseau, puisque tous les ports des commutateurs peuvent être activés simultanément sans risque de boucles. Enfin, le recours à la diffusion dans le cœur du réseau est réduit par rapport aux techniques usuelles de pontage, car les requêtes de résolution d'adresse sont directement acheminées vers le *contrôleur*.

Le *contrôleur* a une position centrale dans un réseau *LaidaNet*, qui par conséquent repose sur sa fiabilité. Un soin particulier doit être accordé à sa conception, afin d'éviter qu'une panne éventuelle perturbe le fonctionnement du réseau entier. En particulier, une implémentation distribuée devra être préférée à une implémentation centralisée, dont la fiabilité est généralement moindre.

Ensuite, bien qu'offrant un service de transport de trame Ethernet (niveau 2), *LaidaNet* est dépendant des protocoles de résolution d'adresse de niveau 3 vers adresse MAC utilisés dans le LAN. Le *contrôleur* doit comprendre ces protocoles pour pouvoir répondre aux requêtes des stations. De plus, *LaidaNet* suppose que les protocoles de résolution d'adresse diffusent leurs requêtes, ce qui n'est pas toujours le cas, par exemple dans les applications où les correspondances d'adresses L3-MAC sont codées en dur.

## 4 Applications

L'utilisation de la commutation de labels dans *LaidaNet* permet non seulement de simplifier les fonctions des commutateurs, mais aussi d'améliorer des services déjà fournis dans les réseaux locaux, et d'en fournir de nouveaux. Ainsi, les réseaux *LaidaNet* permettent d'améliorer l'implémentation des VLAN et la gestion du trafic dans les réseaux locaux.

### 4.1 Les VLAN

L'implémentation des VLAN dans *LaidaNet* requiert uniquement la mise à jour du *contrôleur*. La répartition des stations dans les différents VLAN y est définie en fonction des protocoles ou adresses de niveau 3, des adresses MAC et/ou des ports des commutateurs de bordure, et notée dans la colonne *VLAN* des tables *Chemins* et *Stations* (figure 6).

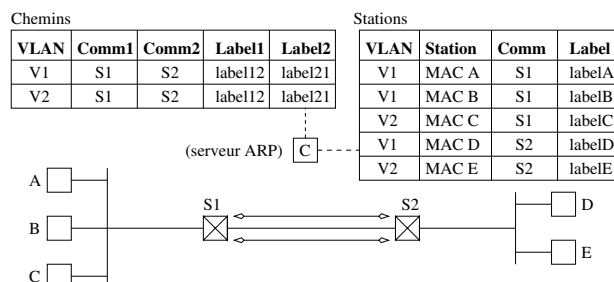


FIG. 6 – Implémentation des VLAN dans *LaidaNet*

Lorsqu'une station est détectée dans le réseau, en plus des tâches habituelles, le *contrôleur* détermine le VLAN auquel elle appartient grâce aux informations reçues du commutateur : port sur lequel la station a été détectée, adresse MAC, adresse et protocole de niveau 3. Un chemin commuté est configuré entre deux commutateurs de bordure si et seulement si ils interconnectent des stations appartenant à un même VLAN. Dans la figure 6, le VLAN  $V1$  regroupe les stations  $A$ ,  $B$  et  $D$ , tandis que le VLAN  $V2$  regroupe les stations  $C$  et  $D$ . Un chemin est configuré entre les commutateurs  $S1$  et  $S2$  pour chaque VLAN. Le *contrôleur* répond à une requête de résolution d'adresse si et seulement si les deux stations concernées sont sur un même VLAN, et l'adresse MAC renvoyée sera étiquetée du *label-chemin* identifiant le chemin associé à ce VLAN dans la table *Chemins*.

Dans *LaidaNet*, la *répartition* des stations dans les VLAN est définie une seule fois dans le *contrôleur*, et l'*expression* dans les trames est implicitement réalisée grâce aux labels. L'implémentation des VLAN est donc entièrement transparente aux commutateurs, et par conséquent ils ne gèrent pas d'informations supplémentaires et ne subissent pas de dégradation de performances à cause des VLAN. Il est en outre possible d'ajouter, de modifier ou de supprimer la fonctionnalité VLAN dans le réseau sans affecter le fonctionnement des commutateurs.

La répartition des stations entre les VLAN étant centralisée sur le *contrôleur*, elle est plus flexible, car il n'y a pas de contrainte sur la stratégie choisie. Il est alors possible de combiner différentes stratégies existantes : VLAN basé sur le port, sur les adresses MAC et sur les protocoles ou adresses de niveau 3. Un réseau *LaidaNet* peut par exemple regrouper dans trois VLAN différents des stations identifiées par leurs adresses MAC, des stations d'un premier sous-réseau IP et des stations d'un second sous-réseau IP. Il est aussi possible de grouper dans un même VLAN des stations connectées à un ensemble de ports de commutateurs, et des stations identifiées par leurs adresses MAC.

## 4.2 La gestion du trafic

Les techniques de pontage traditionnelles offrent des fonctionnalités de reconfiguration automatique, et de restriction de trafic. L'arbre de recouvrement (*Spanning Tree*) est recalculé automatiquement en cas de panne, et il est possible de désactiver des ports sur des commutateurs, et ainsi empêcher le trafic sur les liens correspondants. Dans les réseaux *LaidaNet*, ces deux fonctionnalités sont améliorées, et une nouvelle est fournie : le routage explicite.

### 4.2.1 Le routage explicite

Il est possible dans *LaidaNet* de mettre en œuvre un mécanisme basique de réservation de ressources en contraignant le chemin suivi par le trafic. Dans la figure 7, le trafic entre  $S1$  et  $S2$  passe par  $S3$ , bien que le chemin  $S1 - S4 - S2$  soit optimal. Les liens  $S1 - S4$  et  $S2 - S4$  sont réservés au trafic échangé avec la station  $F$ , qui dans une configuration réelle peut être par exemple un serveur très sollicité.

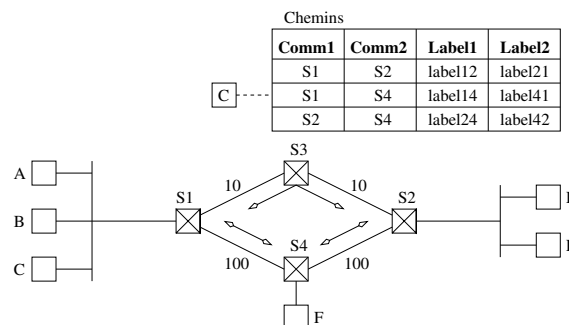


FIG. 7 – Routage explicite dans *LaidaNet*

### 4.2.2 Gestion des pannes

Il est possible dans *LaidaNet* de calculer à l'avance des chemins de secours et les configurer dans les commutateurs. Dans la figure 8 deux chemins sont configurés entre  $S1$  et  $S2$ , un principal via  $S3$  et un secondaire via  $S4$ . En cas de panne sur  $S3$ , les commutateurs sont configurés pour rerouter le trafic automatiquement vers  $S4$ , sans calcul supplémentaire.

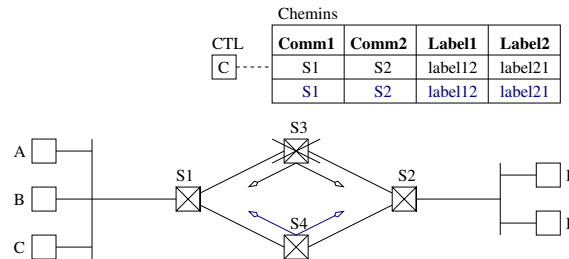


FIG. 8 – Gestion d'une panne dans *LaidaNet*

### 4.2.3 Sécurité

Grâce au mécanisme des ACL (*Access Control List*), il est possible de limiter l'accès au cœur du réseau *LaidaNet*. Dans la figure 9, on ne souhaite pas par exemple que les stations puissent transmettre des trames sur le chemin  $S1 - S2$ . Les listes d'accès permettent au contrôleur d'ignorer les requêtes de résolution d'adresses correspondantes, et aux commutateurs de bloquer le trafic.

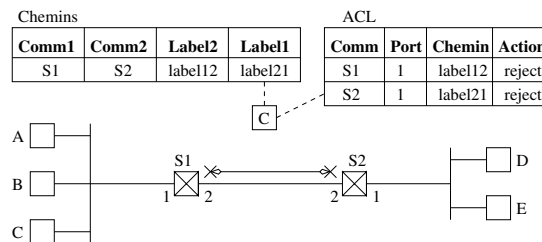


FIG. 9 – Restriction du trafic dans *LaidaNet*

## 5 Conclusion

Le succès que connaît Ethernet dans les réseaux locaux est dû en grande partie aux techniques de pontage et aux VLAN, qui permettent d'améliorer les services fournis en segmentant le réseau en plusieurs domaines de collision et plusieurs domaines de diffusion. Cependant, ces techniques souffrent de limites dues à certaines de leurs caractéristiques telles que l'apprentissage par la source, l'utilisation de l'algorithme du *spanning tree*, et l'usage de la diffusion. Ces limites rendent difficiles la mise en œuvre de services liés à la gestion du trafic (routage explicite, réservation de ressources, chemins de secours).

Les réseaux *LaidaNet* permettent de profiter des avantages de la commutation de labels dans les réseaux locaux en la combinant avec les techniques de pontage et de VLAN. En outre, la présence d'un contrôleur dans le réseau permet de simplifier les fonctions des commutateurs, supprimer l'algorithme du *Spanning Tree*, et réduire le trafic dû à la diffusion.

Cependant, de nombreux aspects des réseaux *LaidaNet* restent encore à spécifier. Parmi les fonctionnalités du réseau, il reste à définir les mécanismes de résolution d'adresses pour tous les protocoles de niveau 3 qui seront supportés dans *LaidaNet*, et la gestion du broadcast et du multicast. L'architecture du contrôleur reste aussi à définir, ainsi que les algorithmes de calcul de chemins, d'allocation et de distribution de labels.



Enfin, une implémentation est en cours, qui permettra d'illustrer les services fournis par un réseau *LaidaNet*, de mesurer ses performances et de les comparer à d'autres techniques.

## Références

- IEEE 802 (2001). *IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks : Overview and Architecture*. Std, IEEE.
- IEEE 802.1D (1998). *IEEE Standard for Information technology – Common specifications – Part 3 : Media Access Control (MAC) Bridges*. Std, IEEE.
- IEEE 802.1Q (2003). *IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks : Virtual Bridged Local Area Networks*. Std, IEEE.
- IEEE 802.3 (2002). *IEEE Standard for Information technology – Common specifications – Part 3 : Carrier sense multiple access with collision detection (CSMA/CD) access method and physical layer specifications*. Std, IEEE.
- IEEE 802.5 (1998). *IEEE Standard for Information technology – Common specifications – Part 3 : Token Ring access method and physical layer specifications*. Std, IEEE.
- KUROSE J. & ROS K. (2003). *Analyse structurée des réseaux. Des applications de l'internet aux infrastructures de communication*. Pearson Education, 2e édition.
- PLUMMER D. (1982). *An Ethernet Address Resolution Protocol or Converting Network Protocol Addresses to 48 bits Ethernet Address for Transmission on Ethernet Hardware*. RFC 826, IETF.
- PUJOLLE G. (2002). *Les Réseaux*. Eyrolles, 2e édition.
- STALLINGS W. (1997). *Local and Metropolitan Area Networks*. Prentice hall, 4e édition.
- TANENBAUM A. (2003). *Réseaux*. Pearson Education, 4e édition.