

TD réseau - Réseau : Couches basses

Réseau : découverte et mise en oeuvre de la couche physique, des liaisons Ethernet et du réseau IP sur un outil de simulation

Ce TD a pour but de vous faire découvrir concrètement les réseaux informatiques. Nous allons utiliser un outil qui permet de simuler l'installation physique et le comportement d'un réseau d'ordinateurs. Nous nous intéresserons dans ce TD aux méthodes de câblage d'un réseau, aux adressages mac et à la diffusion de messages au niveau de la couche liaison. Nous verrons comment utiliser des commutateurs et concentrateurs. Enfin nous verrons les bases de l'adressage IP.

Ce TD est à tiroir (la réponse d'une question constitue les données de la question suivante). Pensez à faire vérifier régulièrement votre travail.

1) Introduction : L'outil CERTA de simulation de réseau

Le simulateur de réseau Certa est un logiciel disponible gratuitement qui permet de simuler une installation de machines en réseau. Conçu dans un but didactique, l'outil est extrêmement complet tout en restant simple d'accès et d'utilisation. Il fonctionne selon 4 modes d'utilisation :

- Le mode "Conception réseau" se rapporte à la couche physique du modèle OSI, aux installations matérielles et au câblage
- Le mode "Ethernet" permet la vérification d'un réseau câblé par l'envoi de trames directement entre deux cartes en utilisant les adresses MAC, La gestion des annuaires de lien Port<->adresse MAC se fait aussi dans ce mode. Ce mode correspond à la couche liaison de données
- Le mode "IP" correspond au niveau de définition de la couche réseau, avec l'adressage par IP plutôt que l'adressage physique.
- Le mode "Transport" est le mode utilisé pour définir le comportement des éléments du réseau lors du passage de trames IP : quelles règles utiliser, comment rediriger ...

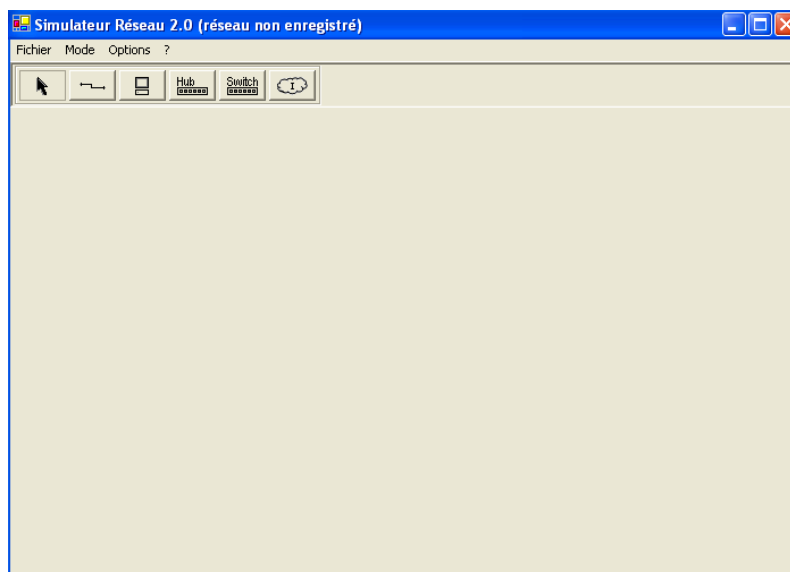


Figure 1 : Interface de Simulation

2) Câblage réseau entre deux ordinateurs

Nous allons travailler en mode "Conception Réseau". Nous voulons faire entre elles un réseau direct, sans passer par un hub, un switch ou tout autre matériel.

Opération 2.1 :

- Placez deux stations dans l'espace de travail.
- Renommez les stations "cli1" et "cli2" (pour client 1 et 2)
- Câblez les deux stations puis passez en mode "Ethernet"

Question 2.1 :

- Quels sont les types de câblages qui fonctionnent ? (les carrés rouges indiquent un problème de liaison physique entre deux cartes)
- Pourquoi le câblage "Paire torsadée droit" ne fonctionne-t-il pas ?

Nous allons vérifier le bon fonctionnement du réseau en envoyant des données d'un ordinateur vers l'autre.

Opération 2.2:

- Câblez les deux ordinateurs en utilisant une "paire torsadée croisée". Passez en mode "Ethernet". Vérifiez que vos options correspondent à la vue ci dessous (Figure2):
- Envoyez une trame Ethernet "unicast" depuis "cli1" vers "cli2"
- Passez en Simulation Ethernet par trame réelle

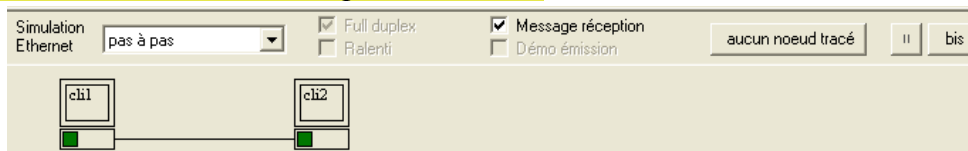


Figure 2 : deux clients

Question 2.2 :

- Le réseau est-il effectif ? Notez les adresses MAC des deux clients
- Pendant la transmission, la trame qui circule sur le réseau est dessinée dans le cadre sous les menus. Comment se compose la trame Ethernet ? A quoi correspondent le second et troisième champs de la trame ?

Opération 2.3 :

- Vérifiez que l'on peut bien émettre et envoyer en même temps (faire partir deux paquets, l'un depuis "cli1" l'autre depuis "cli2")

3) Câblage et transmission via un HUB (concentrateur)

Ajoutez une troisième station "cli3" et dé-câblez "cli1" et "cli2". Effectuez le câblage entre les stations et le HUB puis passez en mode "Ethernet", simulation pas à pas.

Opération 3.1 :

- Depuis n'importe quelle station, faites 2 tests de transmission, l'un en unicast, l'autre en broadcast.
- En simulation "trame réelle", essayer une transmission simultanée de deux trames Broadcast.

Question 3.1 :

- Quelle différence faites vous entre les modes unicast et broadcast ? Qu'est-ce que cela induit au niveau de la trame Ethernet ?
- Lors des transmissions simultanées, que se passe-t-il au niveau du hub ? Quel est le comportement des cartes réseaux ? Que pensez vous que cela implique au niveau de l'efficacité du réseau ?

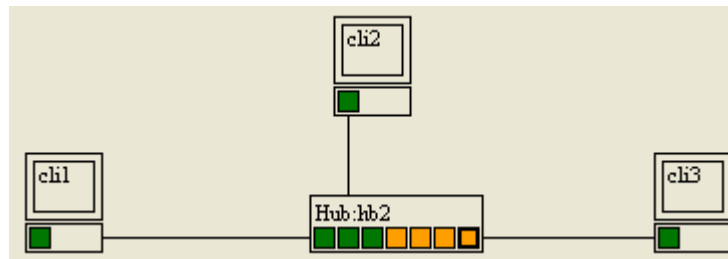


Figure 3 : Lien de 3 clients par un HUB

Intéressons nous un moment à ce problème de collisions sur le support ...

La transmission Ethernet est en fait plutôt simple. Toute machine sur le réseau est autorisée à émettre du moment qu'aucune trame ne circule sur le réseau. Rien n'empêche à deux machines d'émettre simultanément. Dans ce cas, il y a collision entre les paquets et les données des trames sont altérées. Dès lors qu'il y a eu collision, la carte émettrice va attendre un temps variable pour réémettre la trame et ainsi de suite jusqu'à ce que la trame puisse arriver à destination sans avoir subi de collision ou que le nombre maximal de tentative de transmission soit atteint.

Pour détecter la collision, les cartes émettrices restent à l'écoute du réseau pendant toute la durée de la transmission et vérifient que le paquet a été bien transmis.

Ajoutez un HUB que vous connectez au premier via une prise en cascade. Connectez lui aussi deux stations que vous appellerez "cli4" et "pirate".

Operation 3.2 :

- Transmettez des trames unicast entre "cli1" et "cli3"

Question 3.2 :

- Les données de la trame circulent-elles uniquement entre ces deux stations ? Qu'est-ce qui empêche "pirate" de connaître le contenu de la trame ?
- Que pensez vous de la sécurité dans cette architecture Ethernet ?

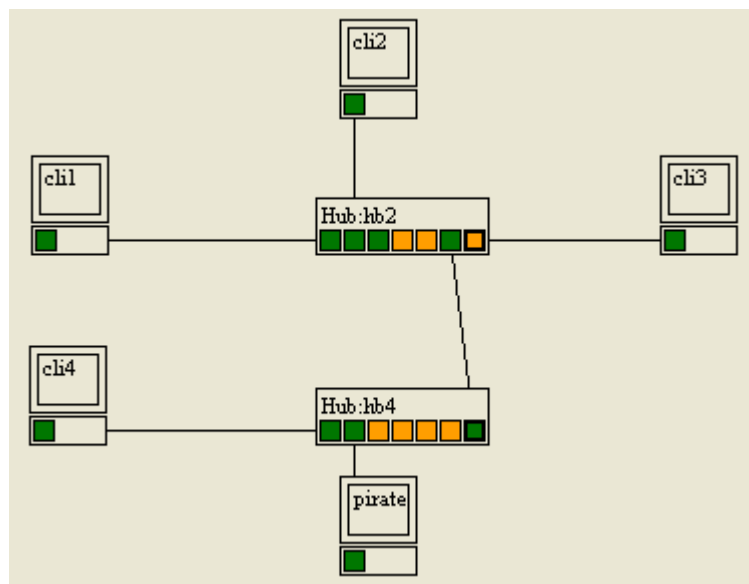


Figure 4 : Interconnexion entre HUBs

4) Ethernet commuté

Nous avons vu que deux problèmes apparaissent avec Ethernet concentré. D'une part, un réseau connectant beaucoup de stations risque d'être congestionné par des collisions intempestives, d'autre part, parler de sécurité de transmission dans un tel contexte relève de l'inconscience. Toutes les stations peuvent écouter l'intégralité du trafic réseau.

Les concentrateurs (switchs) permettent de régler efficacement ses deux problèmes. Tout comme un HUB, les switchs servent à interconnecter des ordinateurs ou d'autres switchs ou HUBs.

Opération 4.1 :

- Remplacer les HUBs par des switches dans votre réseau de simulation puis passez en mode "Ethernet" en simulation "automatique"
- Vérifiez le contenu de la table "MAC/port" après chaque transmission. Commencez par transmettre une trame entre "cli3" et "cli1", puis entre "cli1" et "cli3"

Question 4.1 :

- Quelles sont les données stockés dans la table "MAC/Port" ?
- Comment agit le switch quand il ne sait pas vers où transmettre une trame ?

La plupart des switches que l'on peut trouver sur le marché n'ont pas besoin d'attendre que la carte transmette avant de découvrir à quel port elle est associée. Cette association est généralement automatique, au moment du branchement de la carte au switch.

Opération 4.2 :

- Sur les deux switches de votre réseau, faites "Découvrir le réseau" et vérifiez contenu de la table "MAC/Port".

Question 4.2 :

- Pourquoi certaines adresses MAC sont associées au même numéro de port ?

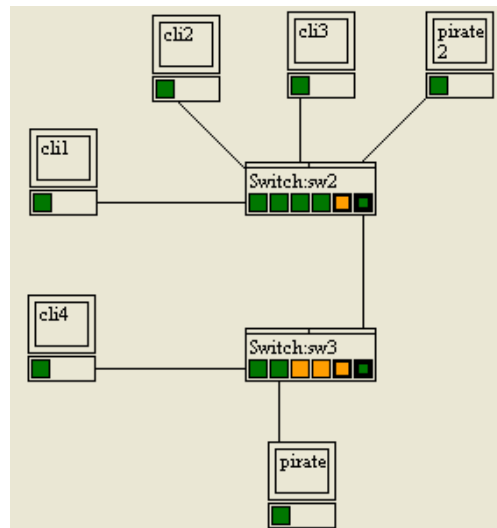


Figure 5 : Ethernet commuté

Nous allons reproduire le cas de collision précédemment obtenu sur le réseau en HUBs.

Opération 4.3 :

- Passez en simulation "trame réelle" et envoyez deux trames de broadcast simultanées sur le réseau.

Question 4.3 :

- Y'a t'il collision et ré-émission de paquet ?
- Comment s'effectue la transmission de trames via un switch par rapport à un HUB ?
- De quelle couche du modèle OSI, le switch est-il un élément ? pourquoi ?

Testez la transmission unicast. Ici, l'adresse MAC de destination est vérifiée par le switch et transmise sur le port associé à celle-ci uniquement. Nous évitons (à priori) les problèmes d'écoute réseau liés à l'utilisation des HUBs.

5) Ethernet commuté et VLAN

Des ensembles d'ordinateurs sont souvent associés, dans des locaux, entre différents services d'une entreprise, selon différents groupes de privilèges, etc. Nous aimerions que l'organisation du réseau reflète cette répartition logique des ordinateurs.

Les VLANs permettent de grouper des ports d'un switch dans des sous-ensembles, sans avoir à se soucier de la répartition et de l'organisation physique du réseau. Pour pouvoir définir des VLANs, il faut que le matériel (cartes et commutateurs) supporte l'extension Ethernet 802.1q, ce qui heureusement est le cas dans notre outil de simulation. Commençons par enrichir la maquette.

Opération 5.1 :

- Supprimez la connexion entre les deux switches
- Ajoutez une station "pirate2" au premier switch
- Configurez les switches avec un port de cascade, un port 802.1q et passez le niveau de VLAN à 1
- Câblez les deux ports 802.1q

La topologie physique peut correspondre à une répartition par switch (deux salles informatique par exemple). Toutefois au niveau logique, nous aimerions regrouper les clients et les distinguer des pirates.

Opération 5.2 :

- Repérez les numéros de ports des switches sur lesquels sont associés les stations "pirates"
- Éditez les tables "port/vlan" sur chaque switch et associez les ports utilisés par les stations pirates au VLAN 2
- Associez les ports des clients au VLAN 3

Question 5.1 :

- Testez un message de type broadcast depuis un client. Que ce passe-t-il ? Quelles sont les restrictions d'un VLAN ?
- Câblez les deux switches par des ports classiques (décablèz les ports 802.1q). Que ce passe-t'il lors de de la transmission broadcast depuis un client ?

Vous avez sans doute remarqué la présence d'une marque rouge sur la trame lors du passage entre les deux switch, sans savoir de quoi il s'agit. L'outil de simulation permet de tracer l'activité des éléments du réseau.

Opération 5.3 :

- Re-câblez les switches correctement (par les ports 802.1q)
- Dans les paramètres de simulation, cliquez sur "aucun noeud tracé" et ajoutez les deux switches dans la liste des noeuds tracés.

Question 5.2 :

- En simulation "pas à pas", listez les étapes de la transmission unicast de "cli1" vers "cli4" sur les switches.
- Que matérialise la marque rouge en début de trame ?
- Testez une trame unicast depuis un client vers un pirate, que ce passe t'il lors de la transmission par les switches ?

6) Limite des réseaux Ethernet commutés et de l'adressage MAC

Nous avons vu qu'il est possible en utilisant les adresses MAC de communiquer entre deux ordinateurs, d'échanger des paquets entre un groupe d'ordinateurs reliés par des HUBs ou des switches et même d'organiser des sous-ensembles dans un même réseau par la mise en place de VLAN. Comme chaque adresse MAC est unique, rien n'empêcherait a priori de se servir de switches et de HUBs pour mettre en place un réseau à plus grande échelle. Essayons...

Opération 6.1 :

- Sauvegardez votre travail dans votre dossier personnel et créez une nouvelle simulation
- Placez quelques switches en réseau puis ajoutez des stations en nombre important (une trentaine en tout, voir Figure 6)
- Sur chaque switch, faites une découverte automatique du réseau

Question 6.1 :

- Examinez les tables MAC/Port. Que constatez vous ? Pensez vous que cette architecture soit utilisable pour des grands réseaux (WAN, Internet) ?

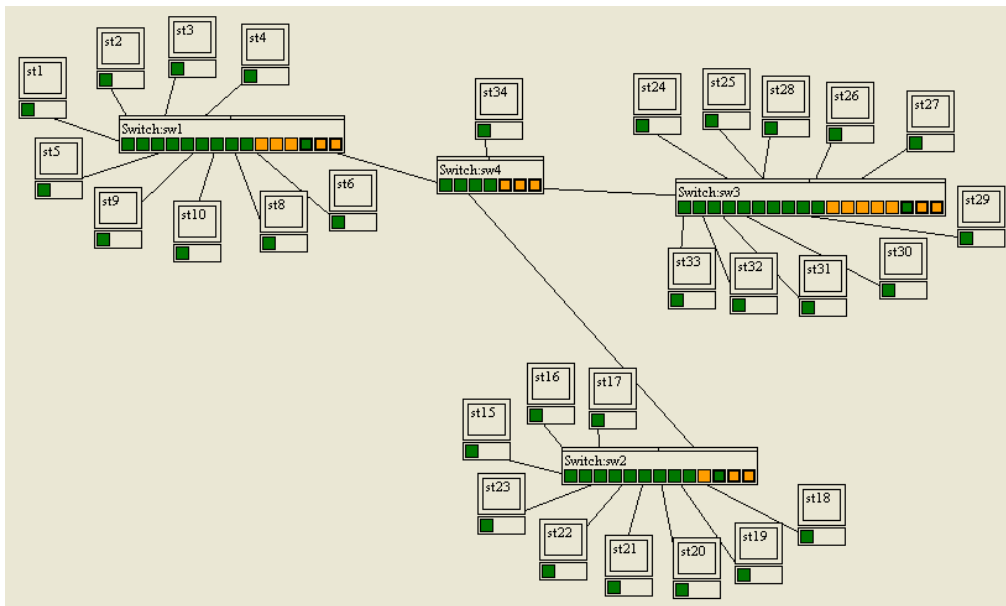


Figure 6 : Réseau commuté plus large

En plus de cela, cette architecture de bas niveau ne permet pas de trier les données. Si quelques stations envoyaient des trames Ethernet broadcast en continu, l'engorgement du réseau serait inévitable.

7) La couche IP

Les adresses MAC permettent l'identification sûre d'une machine. Par contre il est impossible de connaître avec cette adresse la localisation d'une machine, c'est à dire à quel réseau ou sous-réseau elle appartient.

Le passage à la couche IP et la définition d'un nouveau système d'adressage va apporter une solution efficace au problème de localisation et permettre des systèmes d'interconnexion de réseaux beaucoup plus efficaces.

Pour cela, nous diviserons les adresses en deux sous-groupes qui vont refléter l'architecture des VLANs. Les IP des clients seront de la forme 10.3.X.X et les pirates auront pour IP 10.2.X.X . Les masques de réseau permettent de distinguer dans une IP la partie réseau et la partie station. Dans ce cas, les l'adresse des réseaux s'écrit sur les deux premiers triplets, le masque sera 255.255.0.0 .

Opération 7.1 :

- Ouvrez le fichier contenant la maquette que vous venez de sauvegarder
- En mode IP, configurez les cartes réseau. Complétez IP (client1 : 10.3.0.1 , etc) et masque pour chaque station de votre réseau et effectuez des tests de "ping" entre deux clients.

Question 7.2 :

- Quels sont les étapes d'une requête PING ? Donnez la structure des paquets transmis.
- Testez un ping entre un pirate et un client. Quelles sont les deux raisons qui empêchent le fonctionnement de la requête ?

L'adressage IP va nous permettre de concevoir des réseaux beaucoup plus flexibles et puissants, notamment en rendant possible le routage, l'interconnexion de réseaux et le filtrage des adresses.

Remerciements à Pierre Loisel pour le développement de l'outil de simulation et pour sa mise à disposition (<http://www.reseaucerta.org/outils/simulateur/>)