

### Recommandations :

- leTD utilise le simulateur réseau du Certa (un grand merci à Pierre Loisel !), ne nécessitant aucune installation,
- la durée indicative est de **4 heures** : il est conseillé de fragmenter leTD et il n'est pas obligatoire de réaliser toutes les étapes (toutefois la conservation de l'ordre est préférable),
- l'étape 5 est consacrée à la comparaison entre un commutateur et un concentrateur, sachant que ces derniers ne sont quasiment plus en vigueur, il est donc possible de sauter ou de projeter les situations comparées (fichier de départ élève et fichier d'arrivée prof),
- l'illustration de certains mécanismes à l'aide d'un vidéo projecteur pourra être très profitable.

### Étape 1 : Concevoir un réseau

**1 - Fichier/Nouveau et Mode/Conception Réseau (ces deux commandes sont exécutées automatiquement à l'ouverture du simulateur).**

**2 - Choisissez l'icône station (représentant un ordinateur) et placez le nombre minimum de stations nécessaire pour former un réseau.**

Il faut au minimum deux stations.

**3 - Clic droit/Configurer sur la partie haute d'une station : expliquez le rôle de chacun des trois éléments configurables.**

Chaque station a un nom, mais nous ne l'utiliserons pas.

Chaque station doit avoir une carte réseau pour pouvoir accéder à un réseau (point d'entrée).

Une carte d'accès distant (modem, carte d'un routeur...) permet d'accéder à un autre réseau.

**4 - Clic droit/Configurer sur la partie basse d'une station : qu'est-ce que l'adresse MAC, pourquoi ne peut-elle pas être modifiée ?**

L'adresse MAC est l'adresse, unique au monde, de la carte réseau : il s'agit d'une adresse physique, gravée par le constructeur de la carte réseau, ce qui explique qu'elle ne puisse pas être modifiée.

Remarque : la syntaxe de l'adresse MAC a été simplifiée dans ce simulateur.

**5 - Reliez les deux postes.**

On représente ici un support filaire entre les deux cartes réseau.

**6 - Passez en Mode/IP. D'après les couleurs apparaissant les deux postes semblent-ils en mesure de communiquer ensemble ? Quel élément peut être en cause ?**

Dans ce simulateur, le rouge signifie une communication impossible entre deux éléments.

Si on écarte l'hypothèse de cartes réseau défectueuses, le support de communication peut être en cause.

Repasser en *Mode/Conception Réseau* et par un clic droit sur une carte réseau *Configurer le câble* : s'agissant de deux éléments de même type (deux stations), le câble doit être de type *Paires torsadées croisées* (ceci n'est pas plus expliqué aux élèves et n'est pas exigible).

Repasser en *Mode/IP*.

### SAUVEGARDER

## Étape 2 : Adresser les postes

Le protocole de communication utilisé étant IP (Internet Protocol), il est nécessaire que chaque station dispose d'une adresse IP. En l'absence d'adresses, il est impossible de désigner un expéditeur et un destinataire d'un envoi (il faut alors l'adresser à tous pour être sûr qu'il arrive, ce qui encombre le réseau et contrevient à la confidentialité).

**7 - Clic droit/Configuration IP sur la carte réseau de la station 1 et saisissez l'adresse 192.168.1.1 puis appuyez sur la touche tabulation (?).**

**8 - Interprétez le masque de sous-réseau qui s'est automatiquement complété. Combien ce réseau local peut-il comporter de postes au maximum ?**

(Remarque à destination du professeur : l'adresse réseau indiquée est une adresse privée de classe C).

L'adresse du réseau local est ici 192.168.1.0 (les 255 du masque de sous-réseau désignent les octets représentant le réseau dans l'adresse IP). Ce réseau peut comporter, en dernier octet 254 postes au maximum (le 0 étant pris par l'adresse du réseau, le 255 servant à contacter tous les postes du réseau simultanément).

|                       |        |        |        |      |
|-----------------------|--------|--------|--------|------|
| Adresse IP            | 192.   | 168.   | 1.     | 1    |
| Masque de sous-réseau | 255.   | 255.   | 255.   | 0    |
|                       | Réseau | Réseau | Réseau | Hôte |

**9 - Attribuez la même adresse IP à l'autre station. Expliquez le problème qui se produit puis corrigez-le.**

Une adresse IP est unique sur un réseau :

- ainsi une adresse privée est unique dans le réseau local,
- une adresse routable ou publique doit être unique sur l'ensemble du réseau Internet.

On attribuera donc l'adresse IP 192.168.1.2 à la station 2.

## SAUVEGARDER

## Étape 3 : Tester une communication

Un Ping (Packet Internet Groper) est un test de connectivité réseau : il consiste à envoyer un paquet de données à une machine de destination, désignée par son adresse IP, et à attendre son accusé de réception ; passé un certain délai, l'absence de réponse est interprétée comme un échec d'acheminement du paquet.

**10 - Sur le haut de la station 1, clic droit/Envoyer un ping, saisissez 192.168.1.1 sans valider. Avec qui la station 1 tente-t-elle de communiquer ?**

La station 1 tente de se contacter elle-même.

**11 - En Mode/IP, dans la barre d'état (en haut), passez Simulation ARP / IP en Pas de démonstration.**

**12 - Toujours à partir de la station 1, envoyez un ping vers la station 2. Observez et commentez.**

Explication (il est possible de le faire en *pas à pas* ou en *automatique*) :

- la station 1 compare l'adresse de destination et la sienne et comprend que le message n'est pas pour elle-même,
- la station 1 compare l'adresse de destination et son masque de sous-réseau : puisque l'adresse de destination est située sur le même réseau que la sienne, elle peut tenter de joindre la station de destination,
- la station 1 lance un appel (trait bleu) à tous sur le réseau (cela se verra mieux quand il y aura plus de stations) disant « Je recherche la station qui a l'adresse 192.168.1.2 et je lui envoie mon adresse MAC contre la sienne »,
- toutes les stations du réseau reçoivent cet appel et comparent l'adresse demandée avec la leur : si elles ne sont pas concernées, elles ne répondent pas,
- la carte réseau de la station 2 se reconnaît, mémorise l'adresse MAC de l'expéditeur (station 1) et lui répond en envoyant son adresse MAC (adresse physique unique) qui va permettre d'établir réellement la communication (le message repart vers tous sur le réseau car le destinataire ne connaît pas l'adresse MAC de l'expéditeur, mais seulement son adresse IP, et ne peut le contacter directement),
- l'expéditeur (station 1) reçoit l'adresse MAC du destinataire (station 2) et la met en cache (c'est-à-dire la mémorise... en pratique pendant une à 2 minutes),
- l'expéditeur (station 1) envoie son paquet de données (trait jaune) à l'adresse MAC du destinataire (station 2),
- le destinataire (station 2) reçoit le paquet de données et prépare un accusé de réception en retrouvant dans son cache l'adresse MAC de l'expéditeur (station 1), puis lui envoie,
- l'expéditeur (station 1) reçoit l'accusé de réception.

En résumé (pour l'élève) :

- |                         |             |  |
|-------------------------|-------------|--|
| - trait bleu à l'aller  | Station 1 : | « Station 2, je te cherche ! Au passage je t'envoie mon adresse (MAC) pour me répondre » |
| - trait bleu au retour  | Station 2 : | « Chère Station 1, je suis bien là, voilà comment me joindre (adresse MAC) »             |
| - trait jaune à l'aller | Station 1 : | « Station 2, je t'envoie mes données. »  |
| - trait jaune au retour | Station 2 : | « Bien reçu, Station 1 ! »   |
|                         | Station 1 : | « C'est bon c'est arrivé ! »   |

### 13 - Refaites le même ping. Quelle est la différence ? Pourquoi ?

L'envoi et l'accusé de réception du paquet ont lieu directement.

Le broadcast initial (envoi à tous, en bleu) permettant de s'échanger les adresses MAC n'a pas eu lieu car les stations 1 et 2, du fait du ping précédent, disposent de ces adresses MAC dans leur cache.

Visualiser le cache ARP d'une station : *clic droit/Tables/Cache ARP*, on peut y voir des couples (adresse IP – adresse MAC)

Possibilités :

- vider le cache (*clic droit/vider Cache ARP*) de la station 1 : la station 1 aura de nouveau besoin de faire un *broadcast* pour connaître l'adresse de la station 2.
- vider le cache (*clic droit/vider Cache ARP*) de la station 2 : la station 1 enverra directement son paquet IP (trait jaune) mais en le recevant la station 2 ne saura pas à qui répondre (le paquet IP n'encapsule pas cette information) et devra faire un *broadcast* pour obtenir l'adresse MAC de la station 1 (aller-retour de la station 2 vers la station 1 en bleu) pour pouvoir ensuite accuser réception du paquet IP (trait jaune).

## SAUVEGARDER

### Étape 4 : Un invité supplémentaire

### 14 - Repassez en Mode/Conception Réseau et ajoutez une troisième station. Comment la mettre en réseau avec les autres ?

Deux idées à écarter :

- mettre deux cartes réseau à la station 3 et la lier à la station 1 d'une part, et à la station 2 d'autre part car la station 3 (au milieu : en bus) supportera tout le trafic entre les stations 1 et 2 et leur communication sera rompue si une des cartes réseau de la station 3 devient inopérante ;
- mettre deux cartes réseau sur chacune des stations (pour contourner la critique précédente) et relier toutes les stations deux à deux (6 câbles nécessaires... soit pour n stations :  $n!/[(n-2)!*2]$  nécessaires).

Ajouter un concentrateur (hub) et lier chacun des postes avec le concentrateur (en câble *paires torsadées droit*).

Ou

Ajouter un commutateur (switch) et ne pas faire les questions 20 et 21.

### 15 - Observez la configuration (*clic droit*) de ce nouvel équipement.

La notion de port en cascade (encadré en gras) ne sera pas expliquée : il est utilisé pour interconnecter les hubs (concentrateurs) et les switches (commutateurs).

### 16 - Câblez chacune des trois stations (en câble paires torsadées droit) avec le nouvel équipement sans occuper le port en cascade (encadré d'un trait gras).

### 17 - En Mode/IP, adressez la station 3 en 192.168.1.3.

### 18 - Videz les caches ARP des stations 1 et 2 puis pingez la station 3 à partir de la station 1. Commentez.

### 19 - Procédez au même ping afin de mettre de nouveau en évidence le rôle des caches ARP. Vider le cache ARP de la station 2 aurait-il une influence sur ce ping ?

Cela n'a aucune influence car la station 1 a dans son cache l'adresse MAC de la station 3 et la contacte directement : la station 2 n'est aucunement impliquée dans la communication et n'a donc pas de réponse à émettre (c'est là que son cache lui aurait permis d'émettre directement une réponse, sans *broadcast*).

### 20 - En Mode/Conception Réseau, débranchez les stations du concentrateur, pour les brancher sur un commutateur.

**21 - En Mode/IP, videz les caches ARP des 3 stations puis pingez à nouveau la station 3 à partir de la station 1. Comparez la situation (en particulier le trait bleu) avec celle observée avec le concentrateur.**

Au besoin les élèves peuvent sauvegarder les deux possibilités ou, à l'aide d'un camarade, comparer (l'un gardant le concentrateur, l'autre mettant le commutateur).

Au retour du trait bleu, la réponse de la station 3 (envoi de son adresse MAC) n'est répercutée par le switch (commutateur) que vers la station 1 alors que le hub (concentrateur) répercutait vers toutes les stations (y compris vers la station 2).

Pour le paquet, c'est par contre inchangé puisque c'est toujours uniquement entre la station 1 et la station 3.

Le hub est situé au niveau 1 du modèle OSI (niveau physique) alors que le switch est situé au niveau 2 (niveau trame).

En résumé :

Le hub (concentrateur) est dit répéteur multiports car il répercute les données reçues sur l'ensemble des ports.

Le switch (commutateur) analyse les trames des données et les aiguille vers les ports et les stations adéquats (car il mémorise les adresses MAC des stations avec qui il est en contact contrairement au hub).

Le switch est plus performant (et plus récent) que le hub... mais aussi plus cher (environ 1 000 € contre 400 € pour le hub ; moins de 30 € pour une carte réseau) !

**SAUVEGARDER**

**Étape 5 : Beaucoup d'invités supplémentaires**

**22 - Fichier/Ouvrir le fichier Etape5.xml. Basculez Simulation ARP / IP en Pas de démonstration.**

**23 - Justifiez l'utilisation de deux concentrateurs en essayant d'ajouter des ports au hub2 (en Mode/Conception Réseau).**

Les concentrateurs sont ici limités à 24 ports.

**24 - À quoi peuvent correspondre ces deux concentrateurs dans un lycée ?**

Chaque concentrateur pourrait correspondre à une salle.

**25 - En Mode/IP, à partir de la station 1, envoyez un ping à l'adresse 192.168.1.34.**

**26 - Tables/Vider les caches ARP.**

**27 - À partir de la station 1, envoyez un ping à l'adresse 192.168.1.12.**

**28 - Les deux ping sont-ils différents quant au nombre de postes contactés ?**

Dans les deux cas, le broadcast contacte toutes les stations et la réponse est renvoyée à toutes les stations (la réponse de la station 12 est répercutée vers la salle représentée par le hub2).

**29 - En Mode/Conception Réseau, câblez les hubs 1 et 2 (câbles croisés) sur le commutateur (switch).**

**30 - En Mode/IP, réalisez à nouveau les deux ping précédents (en vidant les tables ARP entre les deux). Concluez.**

Dans les deux cas, le broadcast contacte tous les postes mais pour la réponse de la station 12 n'est répercutée par le commutateur que vers le hub1 permettant de contacter la station 1.

Ceci reprend les conclusions de l'étape précédente : le concentrateur est un répéteur multiports, le commutateur filtre et aiguille.

## Étape 6 : Un dialogue impossible

**31 - Fichier/Ouvrir le fichier Etape6.xml. Basculez Simulation ARP / IP en Pas de démonstration.**

**32 - Réalisez les ping suivants (Tables/Vider les caches ARP après chaque ping) :**

| Station expéditrice | Station destinataire | Succès ? |
|---------------------|----------------------|----------|
| station 1           | station 2            | oui      |
| station 2           | station 1            | oui      |
| station 1           | station 3            | non      |
| station 3           | station 1            | non      |
| station 2           | station 3            | non      |
| station 3           | station 2            | non      |

**33 - Expliquez les échecs, en particulier l'absence même de broadcast (« appel à tous » : trait bleu).**

La station 3 n'est pas située sur le même réseau que les stations 1 et 2 (cf les masques de sous-réseau). Les stations ne « savent » actuellement que joindre des stations sur le même réseau et ne font même pas de tentative, car la chance est infime que l'autre réseau soit situé sur le même hub comme c'est le cas ici.

Des stations peuvent être dans une même salle et dans des réseaux différents.

## SAUVEGARDER

## Étape 7 : Deux réseaux

**34 - Fichier/Ouvrir le fichier Etape7.xml. Basculez Simulation ARP / IP en Pas à pas.**

**35 - En passant sur les stations pour visualiser leurs adresses IP, observez que, comme dans le cas précédent, il y a deux réseaux.**

**36 - Tentez d'envoyer un ping à l'adresse 200.100.40.1 (station 4) à partir de la station 1. Observez les messages.**

Adresse IP non locale (cela veut dire que ce n'est pas une adresse de la station elle-même).

Aucune route trouvée (comment sortir de ce réseau ?).

Hôte non joignable.

**37 - En Mode/Conception Réseau, supprimez le câble entre les deux hubs et ajoutez une nouvelle station configurée avec 2 cartes réseau. Câblez (sur des ports normaux) une carte avec un hub d'un réseau, et l'autre carte avec le hub de l'autre réseau.**

**38 - En Mode/IP, attribuez l'adresse 192.168.1.4 à la carte réseau reliée au réseau de gauche et 200.100.40.3 à l'autre carte réseau. Quel est le rôle de ce poste ? Renommez ce poste.**

Ce poste est un routeur chargé de faire passer les données d'un réseau à un autre.

**39 - Tentez d'envoyer à nouveau le ping à l'adresse 200.100.40.1 (station 4) à partir de la station 1. Que manque-t-il ?**

La station 1 ne connaît toujours pas la passerelle pour sortir du réseau.

**40 - Sur les stations 1, 2 et 3 sur la partie haute faites un clic droit/Configuration IP et ajoutez en tant que Passerelle l'adresse du poste permettant une sortie vers un autre réseau.**

Il faut saisir l'adresse 192.168.1.4. car elle est située sur le même réseau et pourra donc être jointe par les stations 1, 2 et 3.

**41 - De même, ajoutez une passerelle aux stations 4 et 5 de l'autre réseau.**

Il faut saisir l'adresse 200.100.40.3. car elle est située sur le même réseau et pourra donc être jointe par les stations 1, 2 et 3.

**42 - Basculez Simulation ARP / IP en Pas de démonstration.**

**43 - Tentez d'envoyer à nouveau le ping à l'adresse 200.100.40.1 (station 4) à partir de la station 1. Que se passe-t-il ?**

La station 1 arrive bien à contacter le routeur et lui envoie le paquet de données mais le routeur ne parvient pas à contacter l'autre réseau et, en l'absence de réponse, il renvoie le message « Délai d'attente dépassé ».

**44 - Configurez le routeur afin de résoudre le problème puis tentez à nouveau le ping de la station 1 vers la station 4. Et de la station 4 vers la station 1 (192.168.1.1.).**

Pour le routeur, *clic droit/Configuration IP* puis cocher *Activer le routage* : remarquons le changement d'icône.

Le routeur reçoit et stocke les données et fait un broadcast pour connaître l'adresse MAC de la station de destination puis lui envoie le paquet et retransmet la réponse.

## SAUVEGARDER

### Étape 8 : Routage vers Internet

**45 - Fichier/Ouvrir le fichier Etape8.xml.**

**46 - En Mode/Conception Réseau, observez la configuration d'un des deux routeurs (elles sont similaires pour les deux).**

**47 - Câblez le routeur 1 (celui de gauche) vers le port FAI le plus à gauche d'Internet, et le routeur 2 (celui de droite) sur le deuxième port d'Internet en partant de la droite, en choisissant à chaque fois le bon type de câble.**

Il faut choisir un câble Ligne télécom.

**48 - En Mode/IP, basculez Simulation ARP / IP en Pas de démonstration.**

**49 - Configurez la passerelle de chaque routeur sur l'adresse câblée auprès de son FAI.**

La passerelle du routeur1 (à gauche) est 172.11.0.1 (adresse avec laquelle il est câblé). La passerelle du routeur2 (à droite) est 172.12.0.1.

**50 - À partir de la station 1, envoyez un ping à la station 4 (200.100.40.1). Où la communication échoue-t-elle ?**

La communication échoue à l'étape Internet.

**51 - À partir de la station 1, envoyez un ping au routeur 2 (172.12.0.3). Où la communication échoue-t-elle ?**

Le paquet arrive bien jusqu'au routeur 2 mais l'accusé de réception se perd à nouveau à l'étape Internet.

**52 - Expliquez pourquoi les communications précédentes ont échoué.**

On tente de joindre à partir d'Internet des adresses privées non routables (car elles peuvent être dupliquées sur de nombreux réseaux) : 200.100.40.1 dans le premier cas (station 4 destinataire), 192.168.1.1 (station 1 expéditrice à qui doit être adressé l'accusé de réception).

En résumé :

Il est impossible de pinger une adresse privée d'un réseau local à un autre réseau local en passant par Internet car ces adresses ne sont pas connues des routeurs d'Internet (car duplicables sur les différents réseaux privés, or toute adresse sur Internet doit être unique, et publique).

**53 - En Mode/Conception Réseau, renommez la station 5 en ServWeb. Qu'est-ce qu'un serveur Web ?**

Un serveur Web est un poste qui héberge des pages Web (HTML) et qui les envoie aux stations les lui demandant.

Remarque : un serveur Web n'est jamais en contact direct avec Internet, il est situé derrière un routeur.

**54 - En Mode/Transport, faites écouter le port TCP 80 par le serveur Web avec clic droit/Tables/Ports écoutés/+ (le port 80 est le port du protocole HTTP qui transporte, notamment les pages Web).**

**55 - À partir de la station 1, envoyez une requête TCP à l'adresse 172.12.0.3 (routeur 2) sur le port 80 (cette requête équivaut à une demande de page Web auprès d'un serveur). Observez.**

**56 - À partir du serveur Web, répondez à une requête (et sélectionnez la requête reçue à l'étape précédente). Observez. Tables/Supprimez les échanges en cours pour pouvoir procéder à plusieurs essais.**

Paramètres qui ont été configurés :

- en *Mode/Transport*, sur chacun des routeurs *Configuration IP* cocher *Nat / Pat* sur l'adresse en contact avec le FAI
- en *Mode/Transport*, sur routeur 2 *Tables Nat / Pat*, ajouter le mapping suivant qui redirige les requêtes vers le serveur Web