

# TD 1

## INTRODUCTION

### 1. STRUCTURATION EN COUCHES

Une architecture réseau fait référence à l'organisation des composants matériels et logiciels utilisés pour accéder à un réseau de données. Par soucis de représentation, ces composants sont superposés formant chacun une couche.

#### Exercice 1.1 | Encapsulation et fragmentation

On considère une architecture réseau composée de 4 couches numérotées de 1 à 4 en partant du bas (la couche basse étant la couche 1). Les couches 1 à 4 ajoutent un entête aux informations envoyées et la couche 1 ajoute une enqueue en plus de l'entête.

On suppose que les *trames* (messages de couche 1) générées par la couche la plus basse après encapsulation ont une taille maximum de 1526 octets qui se décomposent de la manière suivante :

- 1500 octets de données (charge utile) ;
- 22 octets d'entête ;
- 4 octets d'enqueue.

La taille des entêtes des couches 2 et 3 sont chacune de 20 octets.

Un utilisateur cherche à envoyer un fichier de 3000 octets auquel la couche 4 ajoute 700 octets d'entête.

1. On suppose dans un premier temps que la couche 3 segmente les données passées par la couche 4 de façon à produire des fragments qui tiennent chacun dans une trame de couche 1.
  - a) Donner la taille des messages à la sortie de chacune des couches (en-tête et éventuellement enqueue comprises).
  - b) Calculer la quantité totale d'octets envoyés pour transmettre le message de l'utilisateur.
2. On suppose à présent que la fragmentation a lieu au niveau de la couche 2.
  - a) Donner la taille des messages à la sortie de chacune des couches.
  - b) Calculer la quantité totale d'octets envoyés pour transmettre le message de l'utilisateur.

## 2. FIABILISATION

### Exercice 2.1 | Accusé de réception

Afin de fiabiliser une communication, on impose à une machine qui reçoit un message, d'informer l'expéditeur que le message qu'elle lui a envoyé a bien été reçu, en lui envoyant un accusé de réception.

La couche 3 d'une machine notée A envoie des messages de données à une machine notée B qui les accusent en retournant un accusé de réception (sans charge utile). La couche 2 ajoute un entête long de 20 octets et la couche 1, un entête et une enqueue globalement sur 46 octets.

1. Calculer la fraction de bande passante utilisée par les données si la taille des messages de couche 3 sont longs de 492 octets dont 20 octets occupés par l'entête.
2. Faire le même calcul si à présent la charge utile des données des messages de couche 3 est longue de 1460 octets.
3. B utilise à présent des accusés cumulatifs, un accusé cumulatif accusant la réception de deux messages consécutifs. Quelle est la fraction de bande passante utilisée par les données si la charge utile des messages de couche 3 est longue de 1460 octets ?

### Exercice 2.2 | Numérotation

Pour détecter la perte d'un message ou réordonner les messages reçus en désordre, un numéro de séquence est ajouté dans l'entête des messages. Un numéro de séquence peut, selon les cas, numéroter les messages ou les octets véhiculés dans le message.

On supposera que les données véhiculées dans un message sont longues de 1460 octets et que les entêtes et enqueues ajoutés aux messages sont longues de 66 octets.

1. Supposons que le numéro de séquence est codé sur 32 bits. Calculer le nombre d'octets de données qu'une machine peut envoyer avant épuisement des numéros de séquence, selon que l'on numérote :
  - a) les messages ou
  - b) les octets de données qu'ils véhiculent.
2. Calculer le temps minimum nécessaire pour envoyer le nombre d'octets déterminé dans la question précédente avec un débit de 10 Mbit/s.

## 3 TOPOLOGIE DE RESEAUX

### Exercice 3.1 | LAN (*Local Area Networks*)

Les réseaux locaux interconnectent les stations qui les constituent selon des topologies variées listées dans le tableau 1.

On considère un réseau local comportant N machines.

1. Compléter le tableau suivant en précisant le nombre de liens par lesquels un message transite pour atteindre sa destination, selon que l'adresse est de type unicast, broadcast ou multicast. L'adresse multicast identifie un groupe de M machines (parmi les N).

Type d'adresse	Topologie du réseau local			
	Bus	Anneau	Etoile	
			Hub	Commutateur
unicast				
broadcast				
multicast				

### Exercice 3.2 | WAN (*Wide Area Networks*)

On considère un réseau WAN constitué de  $M$  machines.

1. Calculer le nombre de liens nécessaires et le nombre d'interfaces par machine pour un réseau à topologie totalement maillée (dans lequel chaque machine du réseau est connectée en point à point à toutes les autres). A.N. :  $M = 10.000$ .
2. Au lieu de connecter directement les machines entre elles, on cherche à passer par un réseau d'interconnexion totalement maillé formé de  $R$  routeurs. Parmi ces  $R$  routeurs,  $R_1$  sont des routeurs de cœur (aucune machine ne leur est connectée) et  $R_2$  sont des routeurs d'accès (un certain nombre de machines y sont directement connectées). On supposera que chaque routeur d'accès connecte le même nombre de machines. A.N. :  $R = 100$ ,  $R_1 = 60$ ,  $R_2 = 40$ .

Calculer les valeurs suivantes :

- a) le nombre de machines connectées par routeur ;
  - b) le nombre de liens au sein du réseau d'interconnexion ;
  - c) le nombre d'interfaces des routeurs de cœur et d'accès.
3. On regroupe les routeurs dans  $G$  groupes interconnectés entre eux par un réseau totalement maillé. Les routeurs au sein de chaque groupe sont interconnectés par un réseau totalement maillé. A.N. :  $M = 10.000$ ,  $R = 100$ ,  $G = 5$ .

Calculer les valeurs suivantes :

- a) le nombre de liens au sein de chaque groupe ;
- b) le nombre de liens interconnectant les groupes entre eux ;
- c) le nombre total de liens du réseau de cœur.

## 4 ADRESSAGE ET ACHEMINEMENT

### Exercice 4.1 | Adressage

Une adresse est une valeur binaire dont le rôle est d'identifier les nœuds d'un réseau. Cette adresse se devant d'être unique, il est nécessaire que les adresses aient une longueur suffisante afin qu'elles soient en nombre suffisant.

On considère un réseau formé de  $N$  nœuds.

1. Quelle longueur minimum faut-il prévoir pour les adresses afin que toutes ces machines puissent obtenir une adresse unique ? A.N. :  $N = 64.000$ .

On suppose que ce réseau est constitué de sous-réseaux : chaque machine est connectée à un sous-réseau et les sous-réseaux sont connectés entre eux par des routeurs. On peut organiser les adresses à la manière des numéros de téléphone fixes : les premiers bits d'une adresse identifient leur sous-réseau, au même titre qu'un préfixe téléphonique qui fait office d'indicatif régional.

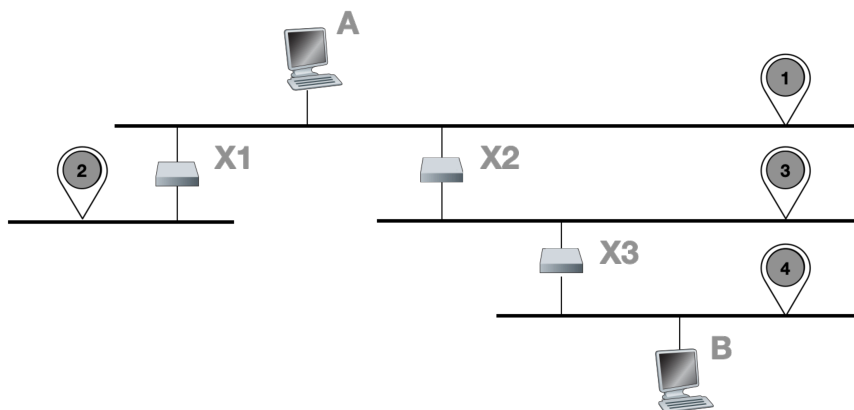
2. On suppose que chaque sous-réseau peut héberger un nombre fixe  $H$  de machines. Combien de sous-réseaux peut-on avoir au maximum ? A.N. :  $N = 64.000$ ,  $H = 120$ .
3. On suppose que les sous-réseaux sont de tailles différentes. Les préfixes ont donc des longueurs variables. Proposer des solutions pour déterminer la longueur du préfixe d'un sous-réseau connaissant l'adresse d'une des machines hébergées par ce sous-réseau.

### Exercice 4.2 | Acheminement

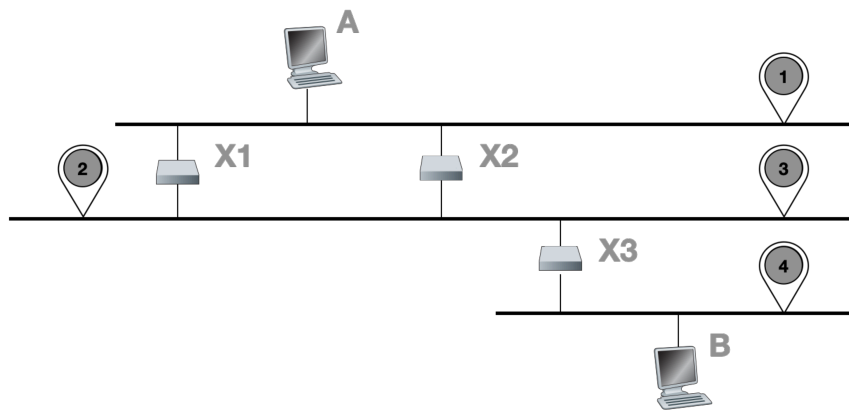
Un réseau est composé de plusieurs liens physiques (aussi appelés segments) interconnectés par des équipements dont le rôle est de relayer les messages venant d'une machine connectée à un lien vers une machine pouvant être connectée sur un autre lien. Une des différences qui distinguent ces équipements d'interconnexion est la présence ou non d'états maintenus dans des tables.

1. Sans table, un équipement ne connaît pas la topologie du réseau. Son seul choix est alors de relayer les messages qu'il reçoit sur l'ensemble de ses interfaces (à l'exception de l'interface entrante).

Dans la figure suivante, les équipements d'interconnexion  $X1$ ,  $X2$  et  $X3$  fonctionnent sans état. La machine  $A$  envoie un message à la machine  $B$ .



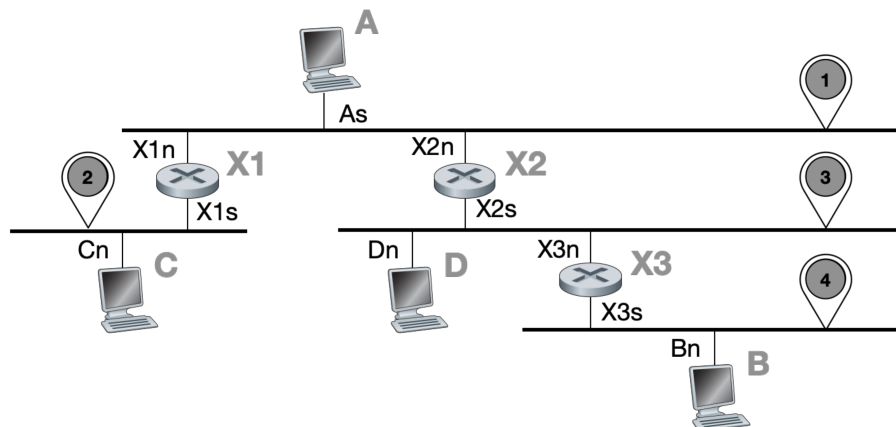
- a) Sur quels points d'observation voit-on passer du trafic résultant de cet échange ? Est-il nécessaire de préciser l'adresse de  $B$  dans les messages qui lui sont destinés ?
- b) Supposons à présent que  $X1$  et  $X2$  sont connectés à deux mêmes liens comme indiqué sur la figure suivante. Quel est le problème qui résulte de cette topologie ? Proposer des solutions permettant de remédier à ce problème.



2. On suppose maintenant que les équipements peuvent calculer les chemins les plus courts vers toutes les destinations du réseau et maintenir ces informations dans une table du type :

Destination	Saut suivant	Interface de sortie

Le saut suivant identifie l'adresse du prochain équipement par lequel doit transiter un message si la destination finale du message est située sur un lien distant. Si la destination est directement joignable sur un lien, la colonne contiendra un astérisque (\*).



- Remplir la table de X3 avec les informations nécessaires pour que X3 puisse joindre toutes les destinations du réseau.
- Les machines hôtes ont-elles besoin de tables ?
- La machine A envoie un message à la machine B. Sur quels points d'observation voit-on passer du trafic résultant de cet échange ?
- La machine D voit-elle passer le message à destination de B ? Comment fait-elle pour le filtrer ?

## 5 PRINCIPE DE BOUT EN BOUT

### Exercice 5.1 | Principe de bout en bout

Soit A, une machine hôte qui transmet des paquets de données à la machine B situé à deux sauts de A. Le premier saut emprunte un lien filaire qui provoque la perte de 5% des paquets. Le second saut emprunte un lien sans fil beaucoup moins fiable qui provoque la perte de 20% des paquets.

1. Quelle est la probabilité qu'un paquet traverse les deux liens sans être perdu ?
2. Quelle est la probabilité qu'un paquet soit perdu sur un des deux liens ?

B acquitte les paquets en provenance de A. On suppose que les acquittements sont des petits paquets qui ne se perdent pas (sur aucun des deux liens). A attend systématiquement l'acquittement de B avant d'envoyer le paquet suivant. S'il ne le reçoit pas, il retransmet le même paquet (après une temporisation).

3. Quelle est la probabilité qu'un même paquet soit transmis au moins 5 fois de suite par A avant d'être reçu correctement par B ?
4. Combien de fois, en moyenne, un même paquet est-il transmis par A ?

On suppose maintenant que le nœud intermédiaire situé sur le chemin entre A et B est capable d'acquitter positivement les paquets correctement reçus en provenance de A et de retransmettre les paquets non acquittés par B.

5. Combien de fois, en moyenne, un même paquet est-il transmis par A ?
6. Combien de fois, en moyenne, un même paquet est-il transmis par le nœud intermédiaire ?
7. Lister les avantages et inconvénients de faire intervenir le nœud intermédiaire dans la réparation des pertes.