



---

# Réseaux et protocoles de communication.

## GUIDE DE L'ÉTUDIANT S3 – APP3

*Automne 2021 – Semaines 7 et 8*

---

Auteur : Domingo Palao Muñoz  
Version : 1.00 (7 octobre 2021 à 18:56:18)

Ce document est réalisé avec l'aide de  $\text{\LaTeX}$  et de la classe `gegi-app-guide`.

©2021 Tous droits réservés. Département de génie électrique et de génie informatique, Université de Sherbrooke.

# TABLE DES MATIÈRES

1	ACTIVITÉS PÉDAGOGIQUES ET COMPÉTENCES	1
2	SYNTHÈSE DE L'ÉVALUATION	2
3	QUALITÉS DE L'INGÉNIEUR	3
4	ÉNONCÉ DE LA PROBLÉMATIQUE	4
5	CONNAISSANCES NOUVELLES	6
6	GUIDE DE LECTURE	8
7	LOGICIELS ET MATÉRIEL	10
8	SANTÉ ET SÉCURITÉ	11
9	SOMMAIRE DES ACTIVITÉS	12
10	PRODUCTIONS À REMETTRE	13
11	ÉVALUATIONS	15
12	POLITIQUES ET RÈGLEMENTS	17
13	INTÉGRITÉ, PLAGIAT ET AUTRES DÉLITS	18
14	PRATIQUE PROCÉDURALE 1	19
15	PRATIQUE EN LABORATOIRE	23
16	PRATIQUE PROCÉDURALE 2	25
17	VALIDATION AU LABORATOIRE	28
A	SPÉCIFICATIONS DU PROTOCOLE	29

## LISTE DES FIGURES

4.1	Diagramme d'interconnexion. . . . .	5
14.1	Modèle OSI/ISO. . . . .	20
14.2	PDU Ethernet. . . . .	21
14.3	PDU 2. . . . .	21
16.1	Reseau Fig5.12 (Tanenbaum). . . . .	26
16.2	Topologie Reseau. . . . .	27

## LISTE DES TABLEAUX

2.1	Synthèse de l'évaluation de l'unité . . . . .	2
2.2	Calcul d'une cote et d'un niveau d'atteinte d'une qualité . . . . .	2
11.1	Sommaire de l'évaluation du rapport . . . . .	15
11.2	Grille d'indicateurs utilisée pour les évaluations . . . . .	16

# 1 ACTIVITÉS PÉDAGOGIQUES ET COMPÉTENCES

## **GIF332 – Réseaux et protocoles de communication**

1. Analyser la fonctionnalité de protocoles situés à différentes couches du modèle OSI et leurs performances.
2. Concevoir un système incluant des éléments matériels et logiciels opérant sur des architectures distribuées en utilisant les ressources standards des applications réseaux.
3. Exploiter les technologies de routage utilisées dans les systèmes de communication.

Description officielle : <http://www.usherbrooke.ca/fiches-cours/gif332>

## 2 SYNTHÈSE DE L'ÉVALUATION

Évaluation	GIF332-1	GIF332-2	GIF332-3
Rapport d'APP et livrables associés	40	40	10
Évaluation sommative	140	50	50
Évaluation finale	150	60	60
Total	340	140	120

Tableau 2.1 Synthèse de l'évaluation de l'unité

À moins de circonstances exceptionnelles, une cote ou un niveau d'atteinte d'une *qualité* est calculé à partir du tableau 2.2. La grille d'*indicateurs* utilisée pour les évaluations est donnée au tableau 11.2.

Tableau 2.2 Calcul d'une cote et d'un niveau d'atteinte d'une qualité

Note(%)	<50	50	53	57	60	64	68	71	75	78	81	85
Cote	E	D	D+	C-	C	C+	B-	B	B+	A-	A	A+
Niveau	N0	N1	N1	N1	N2	N2	N2	N3	N3	N3	N4	N4
Libellé	Insuffisant	Passable (seuil)			Bien			Très bien (cible)			Excellent	

### 3 QUALITÉS DE L'INGÉNIEUR

Les qualités de l'ingénieur visées et évaluées par cette unité d'APP sont données dans le tableau un peu plus bas. D'autres qualités peuvent être présentes sans être visées ou évaluées dans cette unité. Pour une description détaillée des qualités et leur provenance, consultez le lien suivant :

<https://www.usherbrooke.ca/genie/etudiants-actuels/au-baccalaureat/bcapg/>

Qualité	Libellé	Touchée	Évaluée
Q01	Connaissances en génie	✓	✓
Q02	Analyse de problèmes	✓	✓
Q03	Investigation		
Q04	Conception	✓	✓
Q05	Utilisation d'outils d'ingénierie	✓	✓
Q06	Travail individuel et en équipe		
Q07	Communication	✓	
Q08	Professionnalisme		
Q09	Impact du génie sur la société et l'environnement		
Q10	Déontologie et équité		
Q11	Économie et gestion de projets		
Q12	Apprentissage continu		



## 4 ÉNONCÉ DE LA PROBLÉMATIQUE

Les réseaux informatiques.

### Phase 1. La session détournée.

Vous avez été nouvellement embauché comme analyste réseau chez une entreprise de développement d'applications. Les programmeurs œuvrant dans la compagnie, se connectent via le protocole Telnet ou FTP à des serveurs pour télécharger du code ou pour déposer leurs fichiers de code développé.

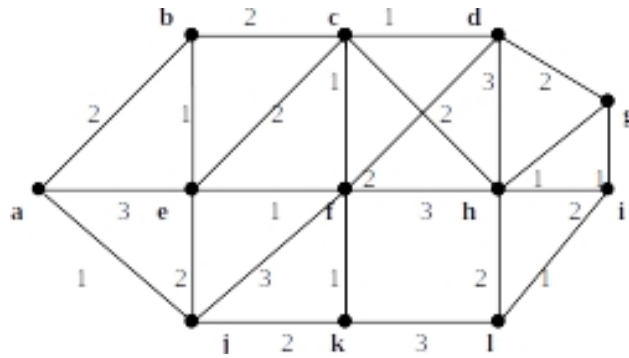
Étant nouveau dans l'entreprise, et ne connaissant pas la configuration du sous-réseau interne ni l'ensemble des applications réseau utilisées par les développeurs, vous avez mis en marche un logiciel d'analyse de trafic réseau, afin de capturer des PDUs individuels, ainsi que des séquences entières de trafic sous forme de fichiers .CAP.

Le sous-réseau des développeurs est de type Ethernet 100BaseT, et il comporte plusieurs concentrateurs (hub) et un commutateur (switch). L'analyse des PDUs capturés vous permettra de connaître non seulement les protocoles utilisés, mais également l'adresse IP de la passerelle par défaut du sous-réseau local. Cette passerelle est elle-même connectée au routeur (router) de la compagnie, qui, à son tour, est connecté à d'autres routeurs de l'entreprise. Le routage à l'intérieur de l'entreprise se fait par le protocole OSPF.

Une partie de votre mandat d'analyste sera, de voir par quels chemins est-ce que le trafic IP de l'entreprise passe, en s'en allant vers l'extérieur. On vous a donné, pour cela, un schéma d'interconnexion des routeurs avec le coût des liens. Le routeur **i** est le routeur de sortie (voir figure 4.1), et le routeur de la compagnie est le routeur **a**. On vous a demandé aussi de voir s'il ne serait pas plus avantageux d'utiliser des routes statiques, ou même un routage par vecteurs de distance.

Vous devrez soumettre un rapport à votre supérieur dans quelques jours, en mettant en valeur les avantages et les inconvénients de chacune de ces options de routage.

Après votre premier jour de travail, et ayant procédé tout le matin aux captures de PDUs et de fichiers .CAP, un développeur vient vous voir tout alarmé. Il prétend qu'il était en pleine session FTP, et entrain d'utiliser des transferts de fichiers vers le serveur, quand sa session a été détournée.



Vous essayez de le rassurer, et vous vous donnez comme objectif d'investiguer ce qui s'est passé grâce à un fichier .CAP qui avait capturé le trafic du matin. Vous présenterez vos conclusions sur ce qui s'est passé, dans un rapport que vous présenterez à votre supérieur.

## Phase 2. Le nouveau protocole.

Comme vous avez trouvé que le protocole FTP n'est pas très sécuritaire, votre superviseur vous demande de programmer un protocole "maison" pour transférer des fichiers. Ce nouveau protocole doit être fait selon le principe de la programmation par couches et doit implémenter les couches du modèle OSI/ISO clairement. Le protocole doit être programmé en utilisant une architecture basée sur les Modèles de Conception (Design Patterns).

Comme une première étape vous allez utiliser des sockets de Berkeley sous le mode datagram pour "simuler" la couche physique, le tout programmé avec le langage Java. Voir l'annexe A pour la Spécification du protocole.

Pour tester votre protocole maison il faut programmer un programme **client** et un programme **serveur**. En plus de classes auxiliaires pour implementer les couches du modèle OSI/ISO.

Dans votre rapport, vous incluez une vue schématique de votre architecture logicielle (un diagramme de classe avec les Motifs de Conception clairement identifiés), la déclaration de vos classes, les prototypes de vos fonctions, ainsi que la description détaillée de toutes vos fonctions à l'aide de la **JavaDoc**.

## 5 CONNAISSANCES NOUVELLES

### Connaissances déclaratives (quoi)

- Notion de Protocole, hiérarchie de protocoles.
- Modèle OSI/ISO et TCP/IP.
- Concepts généraux de la couche physique.
- Couche liaison de données.
- Sous-couche MAC (Media Access Control) de contrôle d'accès au canal.
- Protocole d'accès CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access / Collision Detection).
- Notion de réseaux locaux.
- Le protocole Ethernet.
- Les réseaux Ethernet et la norme IEEE 802.3.
- Le protocole IP (Internet Protocol).
- Les classes d'adresses IP.
- Le protocole TCP (Transmission Control Protocol), le protocole UDP (User Datagram Protocol).
- ARP (Address Resolution Protocol).
- DNS (Domain Name Service).
- Composantes réseau standard.
  - Pont (Bridge).
  - Concentrateur (Hub).
  - Commutateur (Switch).
  - Routeur (Router).
- Mode connecté, mode non connecté.
- Contrôle d'erreur.
- Contrôle de flux.
- Modèle circuits virtuels.
- Modèle à datagrammes.
- Fragmentation.
- Routage de type statique.
- Routage par vecteur de distance.
- Routage par informations d'état de lien.
- RIP (Routing Information Protocol).
- OSPF (Open Shortest Path First).
- BGP (Border Gateway Protocol).

- Algorithme de Dijkstra.

## Connaissances procédurales (comment)

- Analyse de performance.
- Analyser un PDU (Protocol Data Unit) Ethernet, un PDU IP, un PDU TCP, un PDU ARP.
- Analyser la performance de protocoles.
- Calculer un masque sous-réseau.
- Déterminer la classe d'adresses d'une adresse IP.
- Utiliser les fonctions de la librairie Socket.
- Réaliser une application client-serveur en utilisant Socket.
- Déterminer les tables de routage de RIP et les message d'états de liens de OSPF.
- Déterminer le plus court chemin avec l'algorithme de Dijkstra.

## Connaissances conditionnelles (quand)

- Calculer un masque sous-réseau en fonction du nombre de machines maximal d'un sous-réseau.
- Choisir le protocole de routage approprié pour l'interconnexion d'un ensemble de réseaux.

## 6 GUIDE DE LECTURE

### 6.1 Références essentielles

Tanenbaum, A., Réseaux, 5ème édition, Pearson Education, 2011.

#### Réseaux Locaux

- Chapitre 1 : Introduction.
  - Généralités, modèle OSI, modèle TCP/IP (1.1 à 1.4, 1.5.1, 1.6 à 1.7a)
- Chapitre 2 : Couche physique.
  - Transmissions filaires (2.1 à 2.2)
  - Commutation de paquets (2.6.5)
- Chapitre 3 : Couche liaison de données.
  - Fonctions de la couche liaison (3.1)
  - Détections et correction d'erreurs (3.2)
- Chapitre 4 : La sous-couche MAC de contrôle d'accès au canal.
  - Problème d'allocation d'un canal section (4.1)
  - Ethernet (4.3)
  - Commutation au niveau liaison de données (4.8)

#### Routage

- Chapitre 5 : La couche réseau
  - Problème de conception de la couche réseau (5.1)
  - Algorithmes de routage (5.2.1-5.2.6)
  - Fragmentation (5.5.5)
  - Couche réseau dans l'Internet, IPv4, adresses IPv4, IPv6 (5.6.1, 5.6.2, 5.6.3)
  - ARP, RARP, DHCP (5.6.4)
  - OSPF (5.6.6)
  - BGP (5.6.7)
- Chapitre 6 : Couche transport
  - Services de transport (6.1 et 6.2)
  - UDP (6.4.1)
  - TCP (6.5.1 à 6.5.9)
- Chapitre 7 : La couche application
  - DNS (7.1)

### 6.2 Documents complémentaires

- Guide sur le web :

- Protocole ARP : <https://www.frameip.com/entete-arp/>
- Standard IEEE : ANSI/IEEE Std et Std 802.3-2002, <http://standards.ieee.org/getieee802/802.3.html>
- RFC : <http://www.faqs.org/rfcs/>
- Sockets : <https://docs.oracle.com/javase/tutorial/networking/sockets/index.html>
- Datagrammes : <https://docs.oracle.com/javase/tutorial/networking/datagrams/index.html>
- CRC : <https://docs.oracle.com/javase/7/docs/api/java/util/zip/CRC32.html>
- Site de logiciel :
  - Wireshark, logiciel de capture de trafic : <https://www.wireshark.org/>

## 7 LOGICIELS ET MATÉRIEL

- Wireshark, logiciel de capture de trafic : <https://www.wireshark.org/>
- IntelliJ comme environnement de développement Java

## 8 SANTÉ ET SÉCURITÉ

### 8.1 Dispositions générales

Dans le cadre de la présente activité, vous êtes réputés avoir pris connaissance des politiques et directives concernant la santé et la sécurité. Ces documents sont disponibles sur les sites web de l'Université de Sherbrooke, de la Faculté de génie et du département. Les principaux sont mentionnés ici et sont disponibles dans la section *Santé et sécurité* du site web du département : <https://www.gel.usherbrooke.ca/santesecurite/>.

- Politique 2500-004 : Politique de santé et sécurité en milieu de travail et d'études
- Directive 2600-042 : Directive relative à la santé et à la sécurité en milieu de travail et d'études
- Sécurité en laboratoire et atelier au département de génie électrique et de génie informatique

### 8.2 Dispositions particulières

Aucune.



## 9 SOMMAIRE DES ACTIVITÉS

### Semaine 1

- Première rencontre de tutorat
- Étude personnelle et exercices
- Formation à la pratique procédurale 1
- Formation à la pratique en laboratoire
- Formation à la pratique procédurale 2

### Semaine 2

- Étude personnelle et préparation de la solution
- Validation pratique de la solution
- Rédaction du rapport d'APP
- Remise des livrables d'APP
- Deuxième rencontre de tutorat
- Évaluation formative théorique
- Évaluation sommative théorique

## 10 PRODUCTIONS À REMETTRE

- Les productions se font par équipe de 2, sauf lorsque indiqué autrement.
- L'identification des membres des équipes doit être faite sur la page web de l'unité avant 16h30, le lendemain de votre premier tutorat.
- La date limite pour le dépôt électronique est 9h00 (pas 21h00!), le jour de votre deuxième tutorat. Les retards seront pénalisés.
- Les productions soumises à l'évaluation doivent être originales pour chaque équipe, sinon l'évaluation sera pénalisée en cas de non-respect de cette consigne.

### 10.1 Productions à remettre

#### Rapport

Vous devez remettre pour la phase 1 :

1. Un rapport concis décrivant les étapes suivies pour résoudre la problématique. Votre rapport doit aussi inclure les éléments suivants :
  - L'analyse des PDUs 1 et 4 qui vous ont été remis. Lors de cette analyse vous devrez indiquer la valeur de chaque champ ainsi que sa signification. Pour chacun de ces deux PDUs, indiquer l'information primordiale qu'il vous a fournie pour déterminer l'adresse de la passerelle du sous-réseau
  - L'explication par rapport à ce qui s'est passé concernant le détournement de la session TCP
  - La ou les chemins par lesquels passe le trafic IP de l'entreprise en s'en allant vers l'extérieur. Montrer les étapes de l'algorithme de Dijkstra
  - Décrire les avantages et inconvénients de la solution de routage statique, avec RIP et avec OSPF par rapport à 3 paramètres
    - (a) Extensibilité de la solution si l'on ajoute des routeurs
    - (b) Tolérance aux pannes
    - (c) Facilité de configuration des routeurs pour privilégier une route plutôt qu'une autre.
  - Préciser votre recommandation de choix de routage pour l'entreprise
2. Pour le protocole de transfert de fichiers maison :
  - La définition de chaque couche de votre protocole de transfert de fichiers.
  - Le diagramme de classes de l'implémentation de votre protocole.
  - Tout autre diagramme considéré nécessaire.
  - Le plan de tests pour le protocole.

- Le code source de :
  - (a) Le programme client
  - (b) Le programme serveur
  - (c) Les classes auxiliaires
- La JavaDoc du système

### Fichiers

Tout dans un fichier `.ZIP` par équipe qui se nomme sous la forme `cip1_cip2.zip`. Ce fichier doit être remis avec la procédure de dépôt en ligne habituelle, disponible sur le web.

## 11 ÉVALUATIONS

### 11.1 Rapport et livrables associés

L'évaluation du rapport portera sur les compétences figurant dans la description des activités pédagogiques. Ces compétences ainsi que la pondération de chacune d'entre elles dans l'évaluation du rapport sont indiquées au tableau 11.1. L'évaluation est directement liée au livrables demandés à la section 10.1 et le tableau 11.1 y réfère à l'aide d'une courte description.

Élément	GIF332-1	GIF332-2	GIF332-3
Analyse des PDU	20		
Explication par rapport au détournement	20		
Explication des solutions de routage			10
Développement de programmes client/serveur		40	
Total	40	40	10

Tableau 11.1 Sommaire de l'évaluation du rapport

Quant à la qualité de la communication technique elle ne sera pas évaluée de façon sommative, mais si votre rapport est fautif sur le plan de la qualité de la communication et de la présentation, il vous sera retourné et vous devrez le reprendre pour être noté.

### 11.2 Évaluation sommative

L'évaluation sommative théorique est un examen écrit qui porte sur tous les éléments de compétences de l'unité. C'est un examen qui se fait sans documentation.

### 11.3 Qualités de l'ingénieur

La grille d'indicateurs utilisée aux fins de l'évaluation est donnée au tableau 11.2. Il est à noter qu'un niveau d'atteinte d'un *indicateur* dans cette grille n'a pas la même signification qu'un niveau d'atteinte d'une *qualité* dans le tableau 2.2. Cela est normal, un indicateur et une qualité, ce sont deux choses différentes.

Tableau 11.2 Grille d'indicateurs utilisée pour les évaluations

Indicateur	AP	Qualité	Aucun (N0)	Insuffisant (N1)	Seuil (N2)	Cible (N3)	Excellent (N4)
Concepts des protocoles à différentes couches du modèle OSI	GIF332-1	Q01.1	... ne démontre pas une compréhension des protocoles à différentes couches du modèle OSI.	... démontre une compréhension insuffisante des protocoles à différentes couches du modèle OSI.	... démontre une compréhension minimale des notions des protocoles à différentes couches du modèle OSI.	... démontre une bonne compréhension des notions des protocoles à différentes couches du modèle OSI.	... démontre une excellente compréhension des notions des protocoles à différentes couches du modèle OSI.
Concepts des protocoles à différentes protocoles de routage	GIF332-3	Q01.2	... ne démontre pas une compréhension des protocoles à différentes protocoles de routage.	... démontre une compréhension insuffisante des protocoles à différentes protocoles de routage.	... démontre une compréhension minimale des notions des protocoles à différentes protocoles de routage.	... démontre une bonne compréhension des notions des protocoles à différentes protocoles de routage.	... démontre une excellente compréhension des notions des protocoles à différentes protocoles de routage.
Élaborer une procédure de résolution de problèmes liés aux concepts des protocoles à différentes couches du modèle OSI	GIF332-1	Q02.2	... élabore une procédure de résolution de problème incomplète ou inappropriée	... élabore une procédure de résolution de problème minimalement appropriée	... élabore une procédure convenant à la résolution du problème, sans être parmi les meilleures	... élabore une procédure générale de résolution appropriée	... élabore une procédure ingénieuse de résolution
Appliquer la procédure de résolution de problèmes liés aux concepts des protocoles à différentes couches du modèle OSI	GIF332-1	Q02.3	... est incapable de mettre en uvre la procédure de résolution choisie	... commet des erreurs mineures dans l'application de la procédure de résolution choisie	... commet peu derreurs mineures dans l'application de la procédure de résolution choisie	... applique correctement la procédure de résolution choisie	... applique efficacement et rigoureusement la procédure de résolution choisie
Identifier les besoins et les exigences à considérer	GIF332-2	Q04.2	... considère trop peu des besoins essentiels et des exigences importantes des parties prenantes	... considère minimalement des besoins essentiels et des exigences importantes des parties prenantes	... considère, mais partiellement, les besoins et les exigences des parties prenantes	... considère adéquatement les besoins et les exigences des parties prenantes	... considère adéquatement et rigoureusement les besoins et les exigences des parties prenantes
Identifier les besoins et les exigences à considérer	GIF332-2	Q05.2	... nutilise pas les techniques, ressources et outils sélectionnés selon les protocoles établis	... utilise minimalement les techniques, ressources et outils sélectionnés selon les protocoles établis	... utilise les techniques, ressources et outils sélectionnés selon les protocoles établis en neffectuant que quelques erreurs mineures	... utilise les techniques, ressources et outils sélectionnés selon les protocoles établis	... utilise les techniques, ressources et outils sélectionnés selon les protocoles établis. Démontre la capacité à optimiser cette utilisation dans le contexte de la tâche à accomplir

## 12 POLITIQUES ET RÈGLEMENTS

Dans le cadre de la présente activité, vous êtes réputés avoir pris connaissance des politiques, règlements et normes d'agrément suivants.

### Règlements de l'Université de Sherbrooke

- Règlement des études :  
<https://www.usherbrooke.ca/registraire/>

### Règlements facultaires

- Règlement facultaire d'évaluation des apprentissages / Programmes de baccalauréat
- Règlement facultaire sur la reconnaissance des acquis

### Normes d'agrément

- Informations pour les étudiants au premier cycle :  
<https://www.usherbrooke.ca/genie/etudiants-actuels/au-baccalaureat/bcapg>
- Informations sur l'agrément :  
<https://engineerscanada.ca/fr/agrement/a-propos-de-l-agrement>

Si vous êtes en situation de handicap, assurez-vous d'avoir communiqué avec le *Programme d'intégration des étudiantes et étudiants en situation de handicap* à l'adresse de courriel [prog.integration@usherbrooke.ca](mailto:prog.integration@usherbrooke.ca).

## 13 INTÉGRITÉ, PLAGIAT ET AUTRES DÉLITS

Dans le cadre de la présente activité, vous êtes réputés avoir pris connaissance de la déclaration d'intégrité relative au plagiat :

<https://www.usherbrooke.ca/enseigner/passeurs-dintegrite/ressources/antiplagiat>

# 14 PRATIQUE PROCÉDURALE 1

## But de l'activité

- Développer l'analyse de PDUs appartenant aux protocoles Ethernet, IP, TCP, et ARP.
- Analyser la performance de protocoles.

## 14.1 Exercices préparatoires

### P.1 Exercice préparatoire 1

Répondre aux questions suivantes :

1. Qu'est-ce qu'un réseau ?
2. Qu'est-ce qu'un réseau informatique ?
3. Quelles sont les applications des réseaux informatiques ?

## 14.2 Exercices

### E.1 Le modèle OSI/ISO

La figure suivante (voir Figure 14.1) illustre le modèle de référence OSI/ISO d'architecture en couche d'un réseau.

Répondre aux questions suivantes :

1. Quelle est l'idée de base derrière l'organisation en strates, nommées couches ou niveaux, de la plupart des réseaux de communication ?
2. Quel est le rôle de la couche physique ?
3. Quel est le rôle de la couche liaison de données ?
4. Quel est le rôle de la couche réseau ?
5. Quel est le rôle de la couche transport ?

### E.2 Le modèle OSI/ISO et le Modèle TCP/IP

Répondre aux questions suivantes :

1. Comment le modèle d'architecture en couche TCP/IP se compare-t-il avec le modèle de référence OSI du point de vue des couches ?
2. Quelles sont les principales différences entre ces deux modèles ?
3. Nommer, par leurs noms et leurs abréviations, les protocoles les plus utilisés sur chacune des couches du modèle TCP/IP et leur usage.



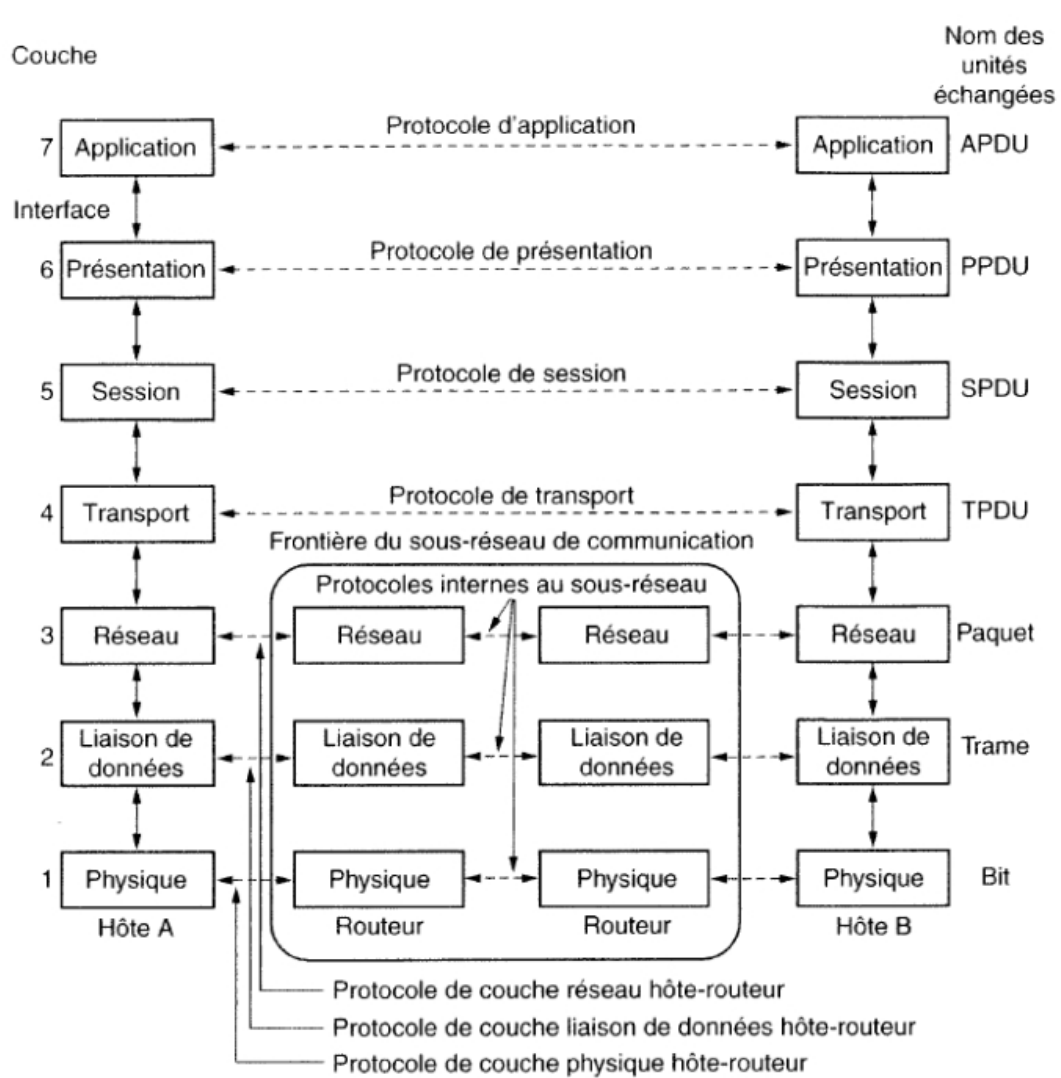


Figure 14.1 Modèle OSI/ISO.

### E.3 Analyse du PDU

Soit le PDU suivant, qui suit le protocole Ethernet, sans le préambule (voir Figure 14.2) :

1. Quel nom particulier donne-t-on aux PDUs situés à ce niveau de couches de protocoles ?
2. Quelle est la structure générale des PDU de ce protocole, et quel est le rôle joué par chacun des champs de cette structure ?
3. Quelle est l'adresse MAC destination et source de ce PDU ?
4. En accédant à l'adresse suivante de l'organisme IEEE <http://standards-oui.ieee.org/oui.txt>, déterminer les noms des fabricants des cartes Ethernet de la source et de la destination.

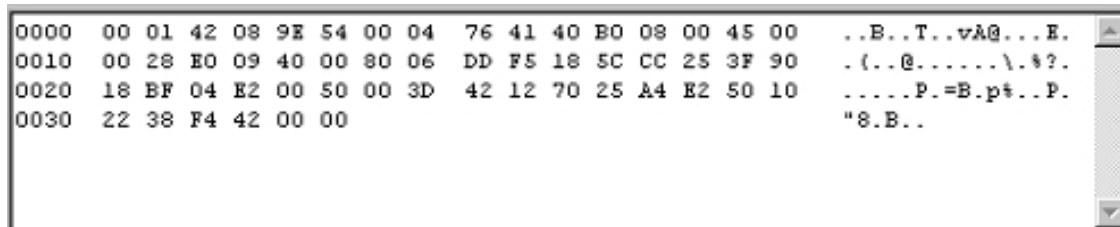


Figure 14.2 PDU Ethernet.

5. Quel est le nom du protocole de la couche Réseau contenu dans le PDU.
6. Quel est le nom particulier qu'on donne aux PDUs situés au niveau de la couche Réseau.
7. Quelle est la structure générale des PDU de ce protocole, et quel est le rôle joué par chacun des champs de cette structure ?
8. Quelles sont les adresses réseaux de la source et de la destination ?
9. Quel est le nom de protocole de la couche Transport contenu dans le PDU ?
10. Ce protocole fonctionne-t-il en mode connecté ou non connecté ?
11. Quel est le principe de la commutation par circuit ?
12. Quel est le principe de la commutation par paquets ?
13. Quels sont les avantages et inconvénients de ces deux types de commutation ?
14. Quelle est la structure générale des PDU de ce protocole et quel est le rôle joué par chacun des champs de cette structure ?
15. Quelle est la longueur de la partie "donnée" de ce PDU ?
16. En supposant que la partie "données" ait eu une longueur de 512 octets, qu'elle serait l'efficacité en terme de ratio (données utiles / longueur total de PDU) de transfert de ces données à travers les mêmes protocoles de la couche Transport, Réseau et Ethernet ?

#### E.4 Analyse du PDU (2)

Soit le PDU suivant, qui suit le protocole Ethernet, et dont la partie CRC a été enlevée :

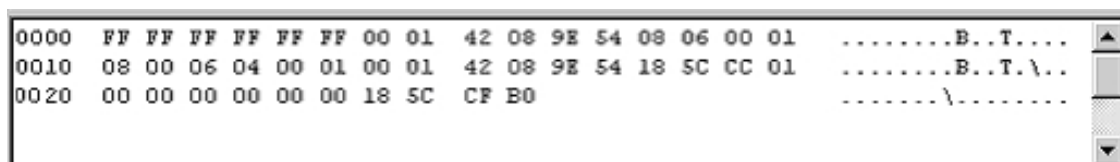


Figure 14.3 PDU 2.

1. Quelle est l'adresse MAC source et destination de ce PDU ?
2. Quel est le nom du protocole de la couche Réseau contenu dans le PDU ?
3. Expliquer pourquoi l'adresse MAC de destination dans ce PDU possède la valeur qu'elle a.
4. Quel est le type de composant réseau qui devrait répondre à ce PDU.

### **E.5 Réseaux CSMA**

Un réseau CSMA/CD à 1Gbit/s a 1 km de longueur sans répéteur. Quel est la taille minimale de la trame si la vitesse de propagation est de  $200 \times 10^6 m/s$

### **E.6 Bandes passantes d'une hiérarchie de protocole**

Un système utilise une hiérarchie de 4 protocoles. Les applications génèrent des messages de 512 octets. Les couches successives des protocoles ajoutent respectivement (en partant de la couche supérieure) des en-têtes H4, H3, d'une longueur de 32, 24, 16, 8 octets.

1. Proposer un diagramme qui représente une trame au niveau le plus bas.
2. Quelle est la proportion de bande passante occupée par les en-têtes ?

# 15 PRATIQUE EN LABORATOIRE

## Buts de l'activité

Le but de cette activité est de d'expérimenter avec :

- WireShark
- Les sockets en mode Datagram

## E.1 Utilisation de WireShark

Récupérer le fichier CAP sur le site web de l'APP, et le charger dans Wireshark.

1. Déterminer les adresses IP et les adresses MAC impliquées dans le début de l'échange
2. Appliquer le filtre : `!(eth.src eq 00:00:c0:29:36:e8) and !(eth.src eq 00:06:5b:d5:1e:e7)` pour isoler les trames ne provenant pas de ces deux adresses.
3. Combien de paquets ont été filtrés ?
4. Dans ces paquets, quelle est l'adresse IP source, et quelle est l'adresse IP destination, l'adresse MAC source et l'adresse MAC destination ? Qu'est-ce que cela signifie ?
5. Quelles sont les valeurs de la partie donnée des paquets ? Qu'est-ce que cela signifie ?
6. Noter les numéros des paquets, et enlever les filtres
7. Analyser ce qui arrive juste avant l'échange du premier paquet qui avait été filtré, noter les numéros de séquences et les numéros d'ACK
8. Analyser ce qui arrive juste après le premier paquet filtré.

## E.2 La programmation Client-Serveur en Java

Pour cette partie du laboratoire vous allez travailler avec le code fourni par Oracle dans son Tutorial sur les Sockets en mode Datagram.

Le but est d'avoir un code de départ pour l'implémentation de votre protocole de transfert de fichiers maison.

À lire dans <https://docs.oracle.com/javase/tutorial/networking/datagrams/index.html>

Dans IntelliJ, vous devez créer un Nouveau Projet. Le projet contiendra les classes nécessaires pour établir la communication entre le Client et le Serveur à l'aide des Sockets en mode Datagram.

Vous devez implementer les classes :

- QuoteServer

- QuoteServerThread
- QuoteClient

Une fois que vous avez réussi le transfert, vous pouvez remarquer que les Datagram implémentent toutes les couches nécessaires du modèle TCP/IP pour la transmission.

Pour notre problématique, nous allons les utiliser SEULEMENT comme partie de la couche Physique, c'est à dire, ils vont faire des transferts de données et on ne considère pas les systèmes de vérification et fragmentation des données.

L'avantage d'utiliser cet approche est que nous pourrions changer cette partie et réutiliser le code sur une autre plateforme qui n'a pas de Socket, mais une autre implémentation de couche Physique, c'est à dire, des primitives Send(), Receive().

À partir du code testé dans cette partie du laboratoire, vous pouvez commencer à bâtir votre protocole maison.

### **E.3 WireShark et les programmes Client-Serveur**

Maintenant c'est le moment de regarder les échanges entre vos programmes du point de vue de WireShark.

Voici les activités à faire :

1. Exécuter les programmes client et serveur sur votre machine.
2. Expérimenter le fonctionnement des deux programmes.
3. Tout en exécutant les programme client et serveur, utiliser Wireshark pour capturer des paquets.
4. Achever l'exécution
5. Analyser les résultats capturés par WireShark.

## 16 PRATIQUE PROCÉDURALE 2

### But de l'activité

- Comprendre les adresse IPv4
- Comprendre le fonctionnement du routage

### 16.1 Exercices

#### E.1 Équipements réseau

On retrouve sur le marché des équipements de réseaux connus sous les noms de répéteur (repeater), concentrateur (hub), pont (bridge), commutateur (switch), routeur (router) et passerelle (gateway). À quoi servent-ils ? Dans quelle couche opèrent-ils ?

#### E.2 CSMA/CD

Expliquer en quoi consiste le protocole de gestion d'accès CSMA/CD utilisé sur un réseau Ethernet.

#### E.3 Routeurs et sous-réseaux

1. À quel niveau des couches de l'OSI est-ce que le routage s'effectue ?
2. Sur quel champ(s) du paquet IP se basent les routeurs pour décider quel chemin celui-ci devrait prendre ?
3. Les routeurs peuvent-ils changer des champs dans un paquet IP ? lequel ou lesquels ?
4. Pourquoi s'effectue éventuellement la fragmentation des paquets ?
5. Les fragments d'un paquet doivent-ils nécessairement passer un par même chemin d'une source à une destination ? Pourquoi ?
6. Quelle est l'utilité d'un masque de sous-réseau ?
7. Supposons qu'un réseau A a pour adresse 132.210.75.0 et pour masque 255.255.248.0. Des paquets provenant d'une machine du réseau A sont destinés à des interfaces dont les adresses IP sont :
  - (a) 132.212.73.3
  - (b) 132.210.72.7
  - (c) 132.210.25.122
  - (d) 24.212.75.4

Le(s) quel(s) de ces paquets sera (ont) acheminé(s) vers l'extérieur du réseau par le routeur de ce réseau.

8. Soient les adresses IP suivantes :

- (a) 192.168.25.2
- (b) 192.168.25.3
- (c) 192.168.25.1

- (a) Définir le masque du plus petit sous-réseau dont feraient partie les machines aux adresses ci-dessus mentionnées.
- (b) Identifier l'adresse broadcast de ce sous-réseau.

9. À quelles classes d'adresses appartiennent les adresses suivantes :

- (a) 132.210.74.1
- (b) 126.6.6.1
- (c) 194.2.1.1

#### E.4 Routage par vecteur de distance

1. Quel est le principe du routage par vecteur de distance ?
2. Considérez la figure suivante Figure 16.1. Selon le principe du routage par vecteur de distance, quel est la table de routage initial et finale du noeud C ?

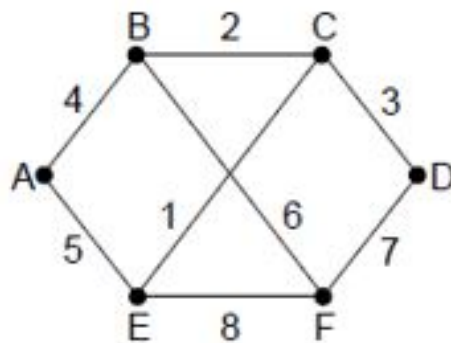


Figure 16.1 Réseau Fig5.12 (Tanenbaum).

3. Quel est le meilleur moyen de C pour se rendre à F ?
4. Quel est le problème de la valeur infinie ?
5. Comment la technique de l'horizon éclaté (split horizon) peut mitiger le problème ?
6. Comment peut le faire la technique par intoxication d'information (poison reverse) peut le faire ?
7. Nommer un protocole qu'utilise le routage par vecteur de distance

## E.5 Routage par information d'état de liens

1. Quel est le principe du routage par information d'état de liens ?
2. Quelles sont les étapes d'OSPF ?
3. Le routage par informations d'états de liens utilise de l'inondation. Que cela signifie-t-il ?
4. Nommer un protocole qui utilise le routage par états de liens
5. Considérez la figure suivante Figure ???. Selon le principe du routage par état des liens, quel est la table de routage initial des noeuds A, B et G ?

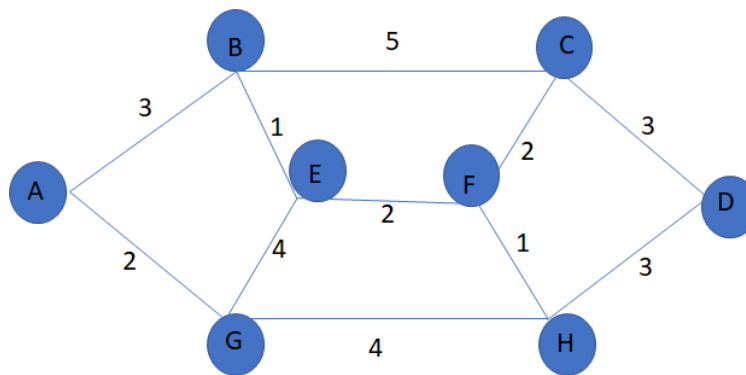


Figure 16.2 Topologie Réseau.

6. Quel sera la table de routage de A après avoir reçu la table de routage de B ?
7. Quel sera la table de routage de A après avoir reçu la table de routage de G ?
8. Pour quelles raisons pourrait-on préférer RIP à OSPF ?



## 17 VALIDATION AU LABORATOIRE

La validation se fera selon l'horaire qui sera affiché pour chacune des équipes dans la page web.

Lors de la validation on vérifiera les éléments suivants :

1. Le fonctionnement du transfert des fichiers avec votre protocole maison.
2. Montrer l'architecture par couches de votre protocole.

Préparez un scénario de test pour montrer le fonctionnement de vos programmes.

Il faut couvrir les cas :

1. Transmission correcte.
2. Transmission avec erreurs.

# A SPÉCIFICATIONS DU PROTOCOLE

Vous ferez une première implémentation dans l'environnement Windows ou Linux avec le langage Java. Pour tester votre protocole, 2 ordinateurs (ou un seul ordinateur exécutant à la fois le serveur et le client) se transmettront des données. Le prototype fera appel à la couche réseau IP existante sous la forme des sockets de Berkeley en mode Datagram, elle pourrait être remplacé par tout autre méthode de communication. Utilisez un numéro de port supérieur à 25000.

Le prototype consitera en :

1. Un programme **serveur** toujours à l'écoute comportant une couche application, une couche transport maison et une couche de liaison de données maison. L'application sera passive et se limitera à sauvegarder un fichier. Prévoyez quand même un mécanisme de terminaison de l'exécution si on appuie sur une touche par exemple. La couche application du serveur réservera un espace mémoire suffisant pour la réception d'un fichier complet, et se chargera d'écrire le fichier sur le disque après sa réception.
2. Un programme **client** comportant une couche application, une couche transport maison et une couche de liaison de données maison qui initiera une connexion "à la demande", c'est-à-dire seulement s'il y a un fichier à transmettre. Et qui refermera la connexion en attendant une nouvelle transmission. Votre programme client fonctionnera en "ligne de commande". Il transmettra un fichier dont le nom sera passé en paramètre par l'utilisateur, de même que l'adresse IP du destinataire (**serveur**). Le programme **client** sera en mesure de seulement téléverser (transmission du client local au serveur distant) un fichier à la fois et devra accepter les noms de fichier complet avec arborescence de répertoire.

Votre couche d'application :

1. Lors d'une transmission la couche application lira le fichier complet dans un tampon dont la référence mémoire sera transmise à la couche transport.

Votre couche de transport maison :

1. Le premier paquet transmis par la couche transport du **client** permettra à l'application serveur de connaître le nom du fichier sans le répertoire, qu'il sauvera dans son répertoire local par défaut.
2. Proposera une trame maison constituée seulement d'un entête. Pour les besoins de déverminage du prototype, l'entête, de taille fixe par ailleurs, sera formé de caractères humainement lisibles.
3. Implémentera dans l'entête un mécanisme d'ordonnancement séquentiel des paquets avec non-répétition de la numérotation, avec accusé de réception et retransmission d'un paquet perdu.
4. L'accusé de réception sera un paquet vide avec un message pertinent dans l'entête.
5. Un paquet sera déclaré perdu par le serveur distant si un paquet antérieur et un paquet ultérieur sont reçus. Le serveur distant enverra une demande de retransmission.

6. La demande de retransmission sera un paquet vide avec un message pertinent dans l'entête. Les paquets retransmis porteront évidemment la même numérotation d'origine.
7. La connexion elle-même sera déclarée perdue par le serveur s'il y a plus que 3 erreurs lors de la transmission. La couche transport du **serveur** se réinitialisera et rapportera une erreur à la couche application par une exception `TransmissionErrorException`.
8. Le **client** fragmentera les données en paquets de 200 octets ou moins pour limiter la latence de transmission des ordinateurs, et ce même si la couche IP possède un mécanisme interne de fragmentation en paquets de 1500 octets. L'entête indiquera la taille réelle du paquet.
9. La transmission comportera dans l'entête un message indiquant le premier et le dernier paquet d'une transmission, de manière à ce que le serveur distant puisse calculer la taille totale du fichier transmis. Le paquet comportant le nom du fichier est considéré comme le premier paquet.

Votre couche de liaison de données maison :

1. Implémentera un mécanisme de détection d'erreurs de transmission sous forme d'un CRC dans l'entête.
2. Le CRC sera calculé sur les données et la partie de l'entête autre que le CRC.
3. Le polynôme générateur sera celui de la norme IEEE802.3.
4. Tiendra des statistiques sur le nombre de paquets transmis ou reçus, sur le nombre de paquets perdus et sur le nombre de paquets reçus avec une erreur de CRC.
5. Écrira dans un fichier "liasonDeDonnes.log" toute opération effectuée, assortie d'une étampe de temps en format text.

**Note.** Comme il est pratiquement impossible que votre transmission aie des erreurs, il vous êtes demandé d'implémenter une fonction qui va changer un octet de votre transmission pour "simuler" un erreur. Vous pouvez passer un paramètre à votre programme pour activer ou désactiver cette option.