

Chapitre 6 : Le modèle OSI de l'ISO

1. Définition d'un protocole

Avant de commencer à décrire le modèle OSI, une notion particulièrement importante doit être abordée : c'est la notion de protocole.

Un **protocole** est un ensemble de règles qui définissent comment doit se produire une communication dans un réseau.

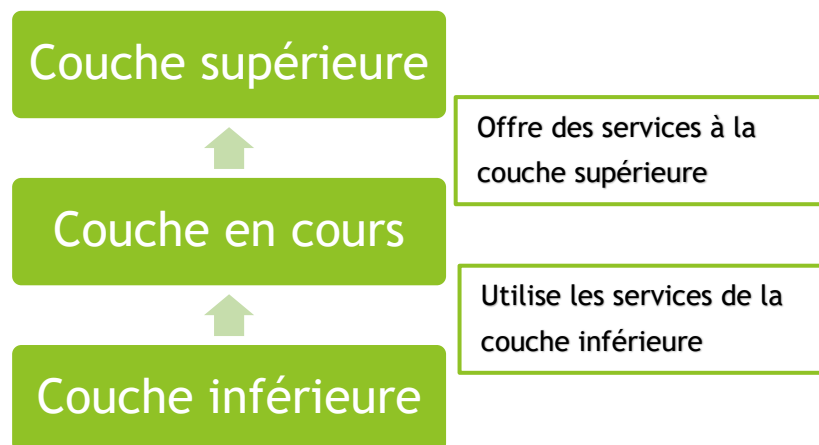
Un seul protocole n'est pas capable de gérer toutes les étapes d'une communication complète dans un réseau. On a alors besoin de plusieurs protocoles qui vont gérer le tout : on parle d'une **suite de protocoles** ou d'une **suite protocolaire**. Les protocoles de cette suite s'occuperont notamment :

- De la mise en forme des données
- De gérer les adresses
- De la détection d'erreurs de transmission
- De la gestion des accusés de réception
- De la gestion de la direction du flux d'informations
- Du contrôle des séquences
- De la gestion du flux

2. Le modèle OSI

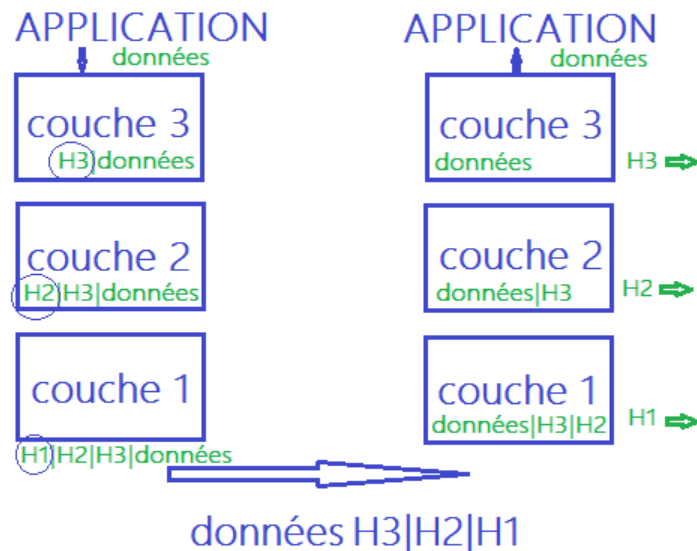
OSI est l'abréviation de Open System Interconnection. Le modèle du même nom a été utilisé pour concevoir le réseau Arpanet. Le modèle a ensuite été normalisé par l'ISO (International Standardisation Organization) et il est devenu le standard en matière de communication dans les systèmes ouverts.

Ce modèle est une façon standardisée de diviser en plusieurs étapes la communication entre deux entités. Chaque étape résultant de cette segmentation est appelée **couche** et est constituée d'un ensemble de services accomplissant un but précis. Chaque couche du modèle OSI communique avec la couche au-dessus et au-dessous d'elle (on parle de **couches adjacentes**). La couche en-dessous fournit des services que la couche en cours utilise, et la couche en cours fournit des services dont la couche au-dessus d'elle aura besoin pour assurer son rôle (ou inversement). Voici un schéma pour illustrer ce principe de communication entre couches :



3. Principe de base d'une architecture en couche

Considérons un modèle simplifié à 3 couches représenté sur la figure ci-dessous :



Pour communiquer, l'application cliente remet à la couche adjacente, dans notre exemple la couche 3, des données à destination de l'application serveur, des instructions décrivant le service attendu et des informations nécessaires à l'acheminement des données vers l'application serveur. La couche 3 interprète les instructions reçues et crée une structure de données à destination de la couche 3 distante, appelée **couche homologue**. Cette structure de données est constituée des données à transmettre auxquelles on ajoute un en-tête appelée **en-tête de niveau 3** (H3 pour Header de niveau 3) contenant un ensemble d'informations nécessaires à la couche 3 distante pour traiter les données. L'ensemble en-tête et données, forme une **unité de données de niveau N**. Les règles d'échange entre couches de même niveau constituent un **protocole de niveau N**.

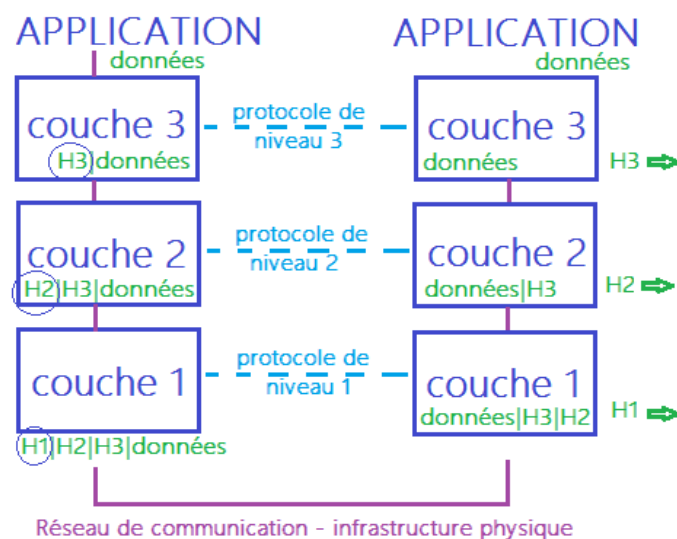
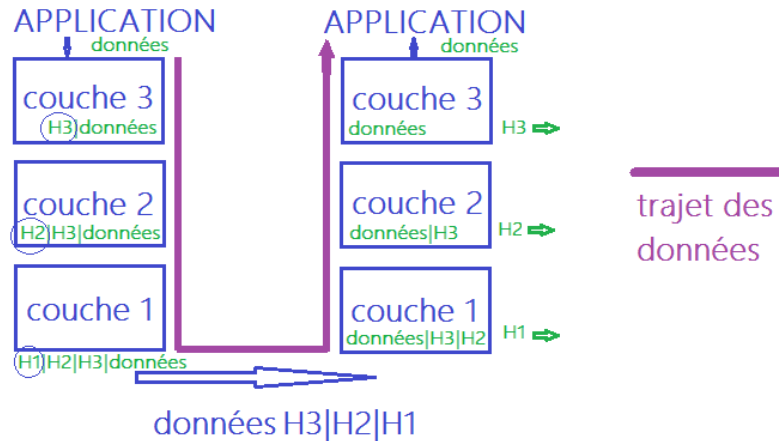


Figure 39 - schéma des protocoles de niveau

Ensuite, la couche 3 remet cette unité de données et des instructions (I3) à la couche inférieure qui procède de même. Enfin les données sont émises sur le support physique en utilisant l'infrastructure à disposition. En réception, la couche la plus basse extrait l'en-tête protocolaire (H1), l'interprète exécute les tâches demandées et remet les données à la couche supérieure qui procède de même jusqu'à remise des données à l'application distante. Le schéma suivant illustre le trajet des données dans un tel modèle.



Le transport d'unité de données du niveau N dans une unité de données du niveau N-1 constitue ce que l'on désigne sous le terme d'**encapsulation**. Pour le niveau N, les données encapsulées (données accompagnées des divers en-têtes des niveaux inférieurs) constituent un ensemble d'octets sans signification.

Voici un schéma qui illustre le principe d'encapsulation par une analogie avec le système postal :

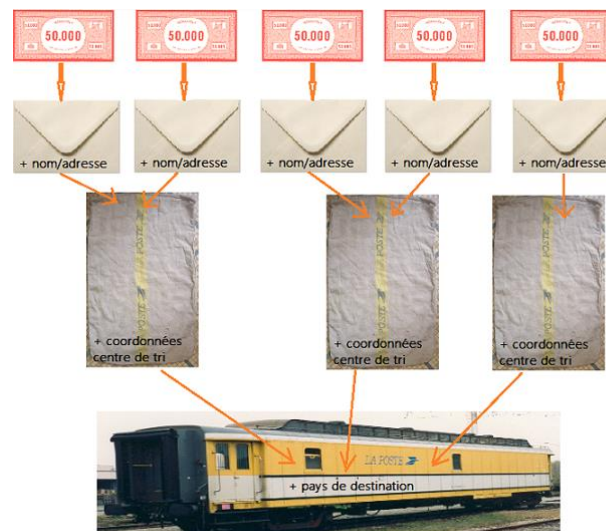


Figure 40 - Analogie de l'encapsulation avec le courrier postal

4. Un exemple de protocole : le protocole SMTP

Lors du cours, un protocole a été étudié de façon plus détaillée : le protocole SMTP qui permet d'envoyer un e-mail. Le schéma ci-dessous reprend le processus d'envoi d'un mail

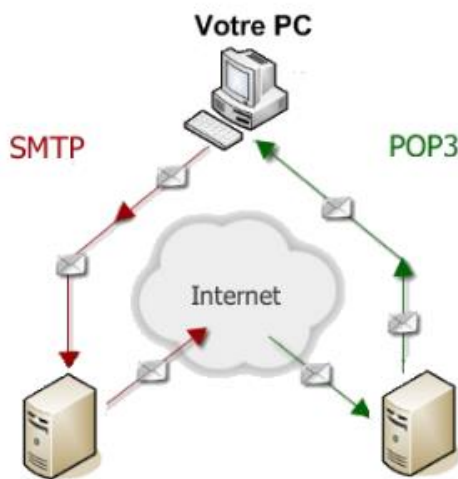


Figure 41 - Schématisation de l'envoi et de la réception d'un mail [15]

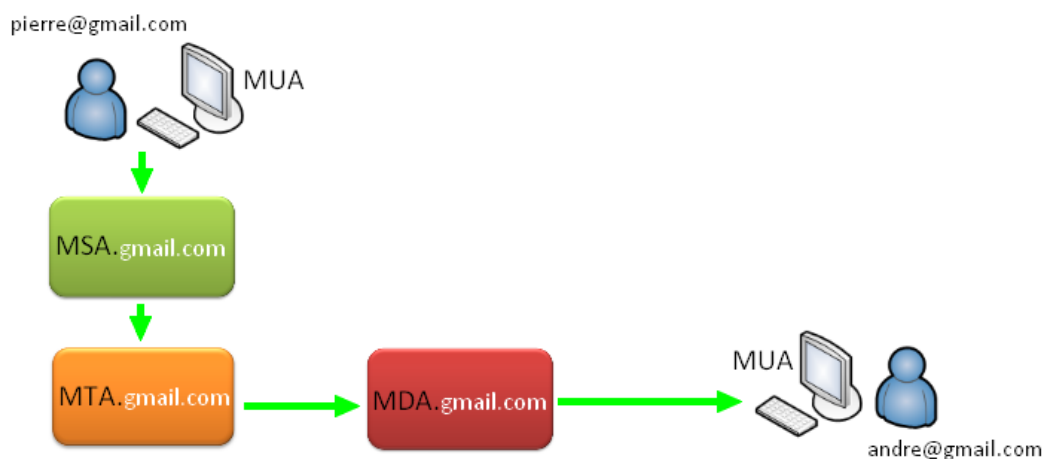


Figure 42 - Schématisation de l'envoi d'un mail chez un même serveur mail

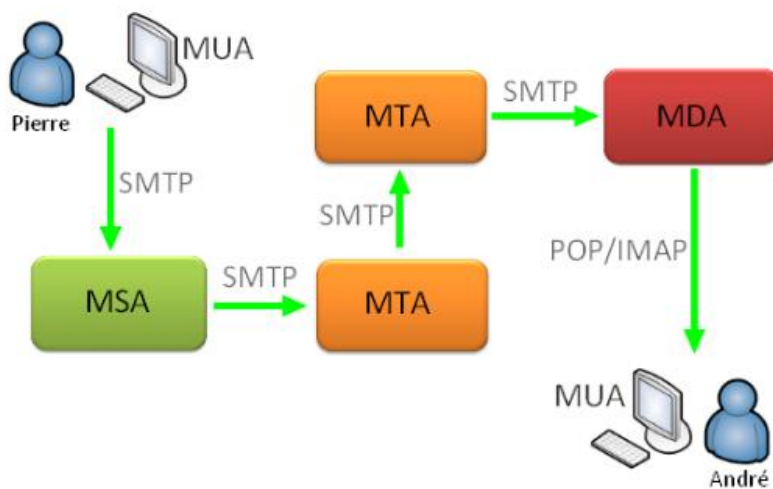


Figure 43 - Schématisation de l'envoi d'un mail faisant intervenir 2 serveurs mail

Exercice

Ecrire la syntaxe correcte pour :

1. Utiliser un protocole SMTP pour envoyer 3 mails de l'adresse

Essai.smtp@monmail.com vers votre adresse mail et l'adresse verif.smtp@monmail.com

Ces mails auront pour sujets :

1 - « test 1 smtp » et contiendra le texte : « ceci est un test d'envoi par mail via SMTP »

2 - « test 2 smtp » et contiendra le texte : « ceci est le test 2 d'envoi par mail via SMTP »

3 - « test 3 smtp » et contiendra le texte : « ceci est le test 1 d'envoi par mail via SMTP »

2. Utiliser le protocole POP3 pour :

1 - connaître le nombre de mails arrivés sur la boîte mail verif.smtp@monmail.com

2 - connaître la taille de ces mails

3 - Lire l'entête du mail 2

4 - Lire le mail 3

5 - Effacer le mail 1

5. Les couches du modèle OSI

La division en couches de la procédure de communication va :

- Simplifier les procédures complexes des transmissions en procédures plus simples
- Faciliter la standardisation
- Rendre les procédures et les technologies plus facile à comprendre
- Accélérer le développement de chaque couche

Le modèle de référence OSI a identifié 7 grandes fonctionnalités définies en 7 couches :

- Application (ou couche applicative)
- Présentation
- Session
- Transport
- Réseau
- Liaison de données
- Physique

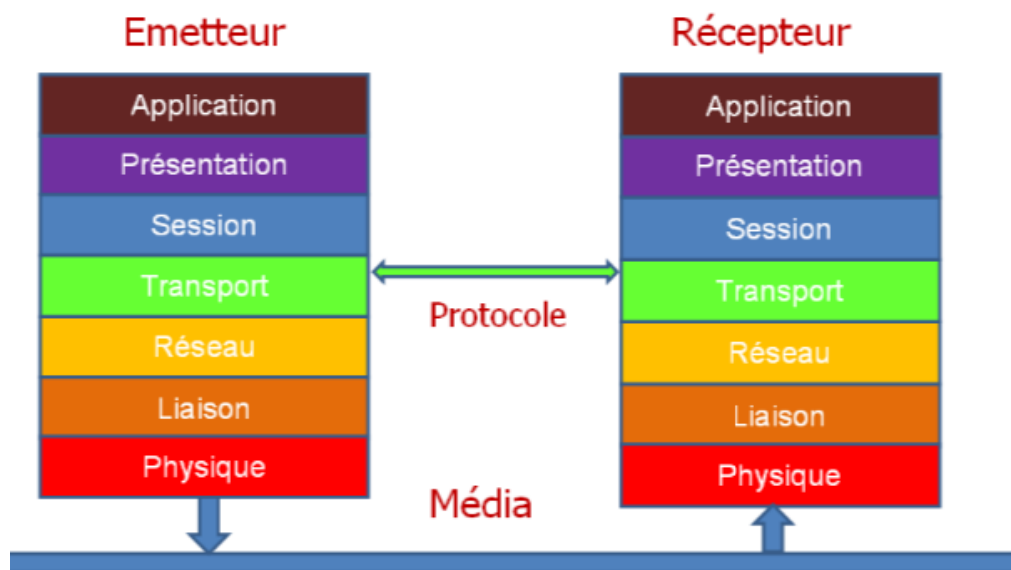


Figure 44 - Couches du modèle OSI chez l'émetteur et le récepteur

En effet, pour réaliser une communication à travers un ou plusieurs systèmes intermédiaires, il faut :

- Relier les systèmes par un lien physique → couche PHYSIQUE
- Contrôler qu'une liaison est correctement établie sur ce lien → couche LIAISON
- Assurer l'acheminement des données et l'arrivée au bon destinataire → couche RESEAU
- Contrôler, avant de délivrer les données à l'application que le transport s'est réalisé correctement de bout en bout → couche TRANSPORT

- Organiser le dialogue entre toutes les applications, en gérant des sessions d'échange → couche SESSION
- Traduire les données selon une syntaxe d'échange compréhensible par les deux entités d'application → couche PRESENTATION
- Fournir à l'application utilisateur tous les mécanismes nécessaires pour masquer à celle-ci les contraintes de transmission → couche APPLICATION)

On peut diviser ces couches en 2 catégories : celles qui sont en relation avec la gestion des applications et celles qui sont en relation avec la transmission de l'information :



Figure 45 - Répartition des tâches parmi les couches

Remarquons enfin qu'il n'y a pas que les éléments terminaux qui utilisent les couches du modèle OSI pour communiquer. Les éléments d'interconnexion vont également travailler dans ces couches, mais ils n'utiliseront que les couches basses du modèle en fonction de leurs besoins. Le schéma suivant illustre bien ce fait.

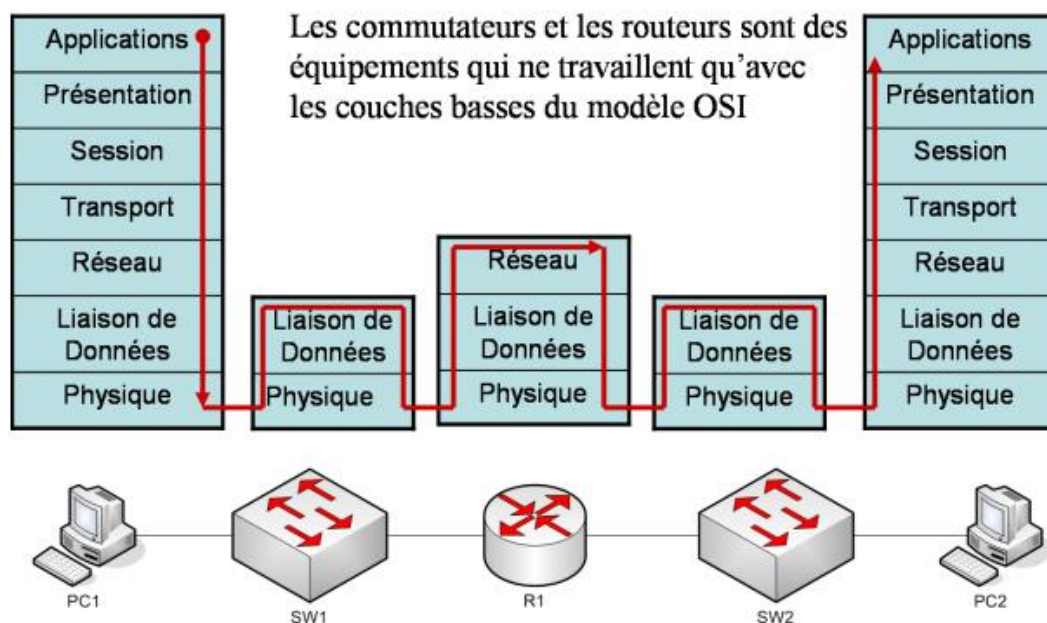


Figure 46 - Modèle OSI utilisé par les éléments d'interconnexion

Nous allons à présent passer en revue les différentes couches afin de bien comprendre les services offerts par ces couches.

a. La couche Application

C'est la couche qui fait l'interface entre l'homme et la machine. Un navigateur (Chrome, Safari, ...), un logiciel de messagerie (Outlook), un logiciel de transfert de fichiers (Filezilla) sont des applications. La couche fournit ces applications dédiées à l'utilisation des réseaux.

Pour rappel, chaque couche dialogue uniquement avec son homologue. Par exemple, lorsque je visualise la page d'accueil du site de Google, la couche Application de mon PC (Google Chrome) va « discuter » avec la couche Application du serveur Google (Apache) en utilisant un même protocole.

De nombreux protocoles de niveau application assurent les services de cette couche. Plusieurs protocoles assurent ces services :

- TELNET (qui permet une connexion à distance non sécurisée sur un appareil pour le configurer, le monitorer)
- SSH (qui permet de faciliter les communications sécurisées)
- FTP (pour l'échange de fichiers)
- TELNET (pour l'établissement des sessions à distance - Remote login)
- SMTP (pour l'envoi d'un mail)
- HTTP et HTTPS (pour rapatrier et afficher un site Web de façon non sécurisée ou sécurisée)
- SNMP (pour récupérer des informations sur le hardware)

Nous avons détaillé en classe un de ces protocoles : le SMTP permettant la communication par courrier électronique.

Donc, les applications utilisent un ou plusieurs de ces protocoles d'application pour fonctionner correctement et permettre une connexion au réseau.

b. La couche Présentation

Cette couche va s'occuper d'adapter les données à émettre à un format standard épuré de tous les aspects liés à l'environnement de travail et en particulier au système d'exploitation. Elle formate donc les données pour que celles-ci soient compréhensibles par la couche présentation correspondante, même si celle-ci est sur un autre système d'exploitation. Lors de l'arrivée de l'information, la couche présentation va assurer la mise en forme des données et les conversions nécessaires pour délivrer à la couche supérieure un message dans une syntaxe compréhensible par celle-ci.

Elle s'occupe également de compresser les fichiers, éventuellement de les crypter. Ce dernier peut néanmoins être pris en charge par une autre couche que la couche présentation. Il peut en effet être effectué dans la couche application, transport, session et même réseau. Chaque niveau de cryptage a ses avantages et ses inconvénients.

Lorsque vous utilisez un logiciel de compression, vous utilisez un service de la couche 6 du modèle OSI.

c. La couche Session

Une fois que vous êtes prêt à communiquer, il faut établir une session entre les applications qui doivent communiquer. La couche session permettra principalement d'ouvrir une session, de la gérer et de la fermer. La demande d'ouverture d'une session peut échouer. Si la session est terminée, la « reconnexion » s'effectuera dans cette couche. La fonction essentielle de la couche session est la synchronisation des échanges et la définition des points de reprise.

Les fonctions de cette couche sont :

- La gestion de la session : ouverture, gestion, restauration, fermeture
- La gestion des permissions (quelle application peut faire quoi)
- La gestion du jeton (décision de qui peut parler)
- La gestion des points de reprise dans le flot de données de manière à pouvoir reprendre le dialogue après une panne.

Notez enfin que les protocoles de la couche 5, tels que X.225, peuvent déterminer la direction de la communication : simplex, half-duplex (HDX) ou full duplex (FDX).

Cette 3ème couche termine la partie applicative de la communication. On s'attaque maintenant aux couches de bas niveau qui s'occupent plus particulièrement de la communication machine à machine.

d. La couche transport

La couche transport est la couche pivot du modèle OSI. Elle assure le contrôle du transfert de bout en bout des informations (messages) entre les 2 systèmes d'extrémité (ETTD¹² ou DTE¹³). Cette couche est la dernière couche de contrôle des informations, elle doit assurer aux couches supérieures un transfert fiable quelle que soit la qualité du sous-réseau de transport utilisé.

Il faut néanmoins se méfier de son nom car la couche transport ne s'occupe pas physiquement du transport des informations. En effet, ce sont les quatre dernières couches (transport, réseau, liaison de données et physique) qui toutes ensemble réalisent le transport des données.

¹² ETTD = équipement terminal de traitement de données

¹³ DTE = Data Terminal Equipment

A l'envoi, la couche transport divise les messages en plusieurs **segments** de taille fixée qui sont traités individuellement par la couche inférieure. A la réception, ces **segments** sont réassemblés puis mis à la disposition de la couche supérieure.

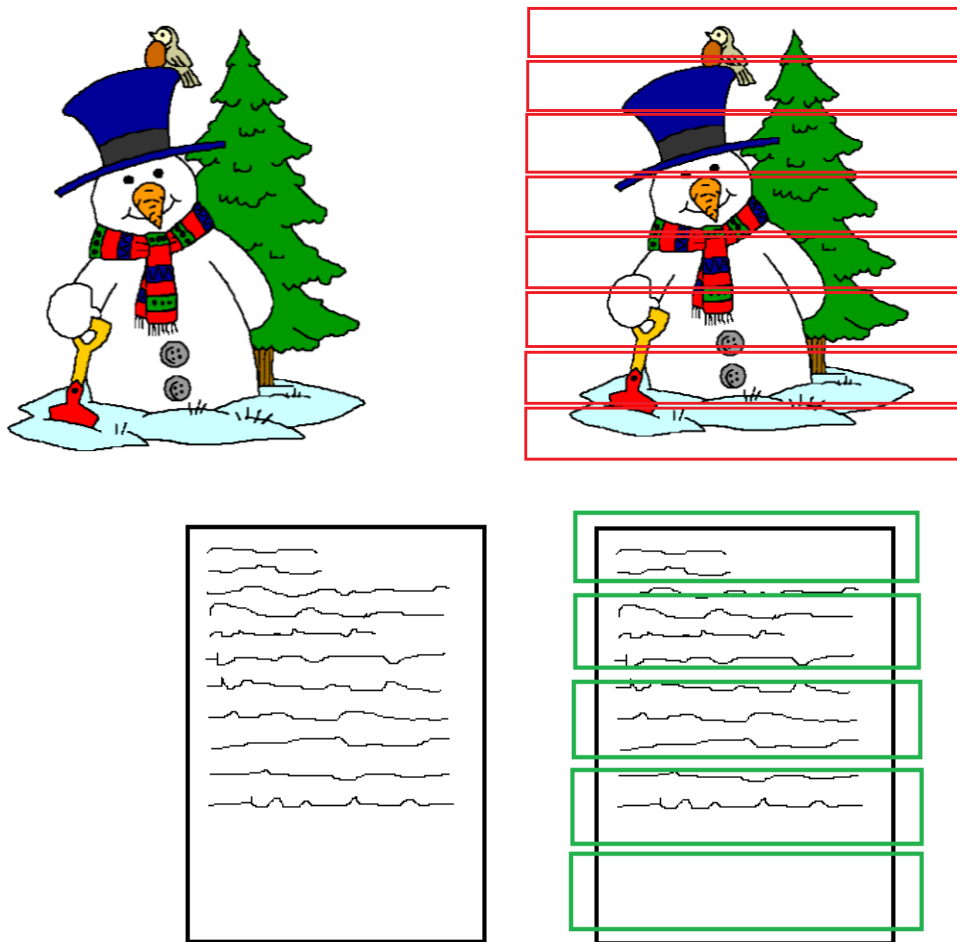


Figure 47 - Schématisation de la segmentation d'une image et d'un mail

Elle s'occupe également du multiplexage c'est-à-dire de la technique qui consiste à faire passer plusieurs informations à travers un seul support de transmission.

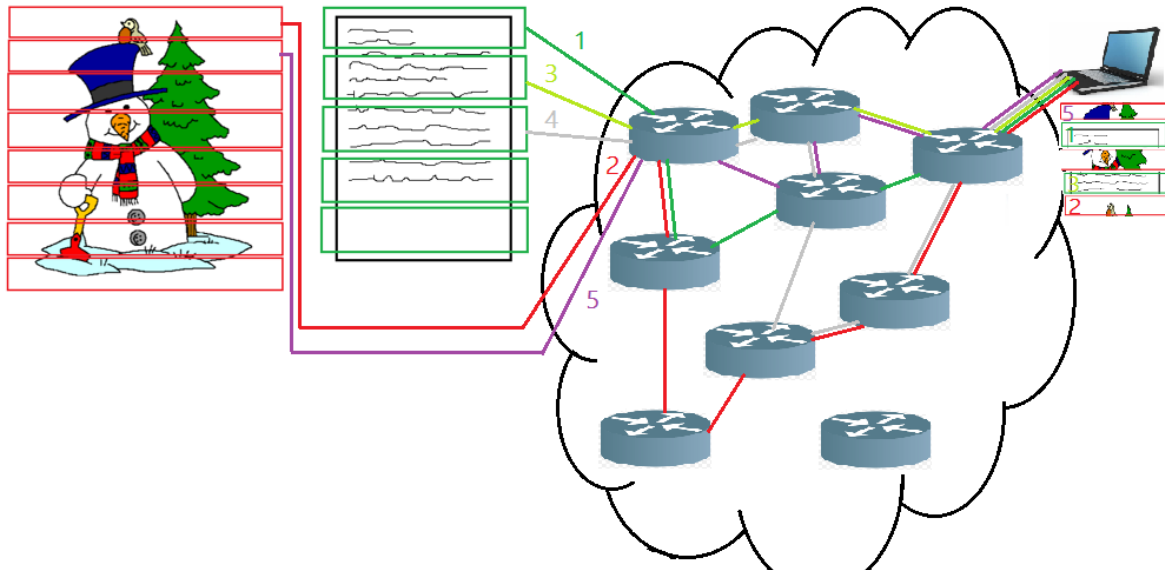


Figure 48 - Multiplexage et circulation des paquets sur le réseau

Cette couche permet également de définir, grâce au protocole choisi, la meilleure façon d'envoyer une information : doit-on vérifier la bonne réception après chaque segment ou ne faire aucune vérification ?

Elle va également ajouter des informations aux paquets de données dans une en-tête, notamment les numéros de ports de la source et de la destination afin de s'assurer que ce qui est envoyé arrive dans le bon applicatif. Les ports applicatifs (logiques) sont ainsi numérotés, en voici quelques exemples :

80 : HTTP

443 : HTTPS

110 : POP3

25 : SMTP

22 : accès à un shell sécurisé Secure Shell, également utilisé pour l'échange de fichiers sécurisés SFTP

53 : pour la résolution de noms de domaine en adresses IP : DNS

On disposera ainsi dans le port applicatif¹⁴ de l'identifiant de l'application qui doit gérer tel ou tel segment.

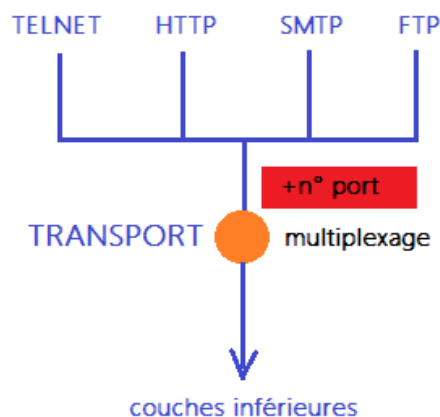


Figure 49 -Schématisation du rôle de la couche de transport

¹⁴ C'est sur cette base que les firewalls vont bloquer l'accès à certaines applications (en lisant le port applicatif, on peut bloquer la circulation des infos sur base de celui-ci)

Plusieurs protocoles sont dédiés à cette couche : le protocole TCP (Transmission Control Protocol) est le plus utilisé dans la couche de transport mais on peut également utiliser l'UDP ou encore le SPX.

Nous étudierons plus en détail les informations ajoutées dans l'en-tête du segment au niveau de cette couche dans un chapitre ultérieur.

Cette couche est essentielle car elle peut se charger de plusieurs fonctionnalités indispensables :

- Elle peut gérer les problèmes de transport entre les machines (gestion des paquets manquants par exemple) et donc fiabiliser les communications
- Elle contrôle de flux
- Elle fait le lien entre les communications réseaux et les applicatifs grâce à l'ajout des ports dans le paquet (je peux avoir mon browser ouvert en même temps que ma messagerie et mon téléchargement de fichier, la couche transport ajoute le bon port à atteindre sur le serveur dans chaque cas).

Pour gérer convenablement les paquets manquants, il est nécessaire de pouvoir reconnaître les paquets qui circulent. La couche transport s'occupe donc également d'ajouter aux segments un numéro de segment¹⁵ différent sur chaque segment.

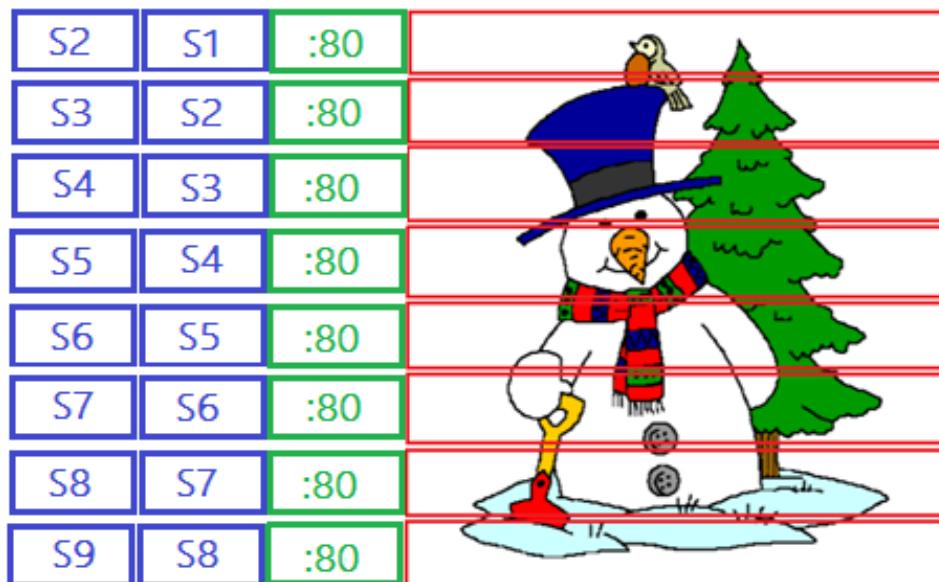


Figure 50 - Schématisation du segment (TCP)

¹⁵ En réalité un numéro de séquence (= numéro du paquet précédent auquel on ajoute sa longueur)

e. La couche réseau

Cette couche va se charger de permettre la communication entre 2 machines qui ne sont pas connectées physiquement entre elles. De plus, elle va faire en sorte que le chemin suivi pour acheminer les données à destination soit le plus court possible. Elle a pour rôle principal de faire transiter des données entre 2 nœuds du réseau (source et destinataire) à travers un maillage dont la complexité peut être élevée. Pour ce faire, elle utilise 3 fonctions principales : l'adressage, la constitution des trames de niveau 3 et les techniques de routage.

Les protocoles de niveau 3 fournissent les moyens d'assurer l'acheminement de l'appel, le routage, le contrôle de congestion, l'adaptation de la taille des blocs de données aux capacités du sous-réseau physique utilisé.

A l'heure actuelle, on utilise un adressage logique appelé protocole IP et la sélection du meilleur chemin s'effectue par les routeurs avec l'aide des protocoles de routage (RIP, OSPF, BGP...).

Cette couche va également modifier l'en-tête : on va y ajouter l'adresse IP source et l'adresse IP du destinataire. Le segment TCP devient alors un **paquet** IP.

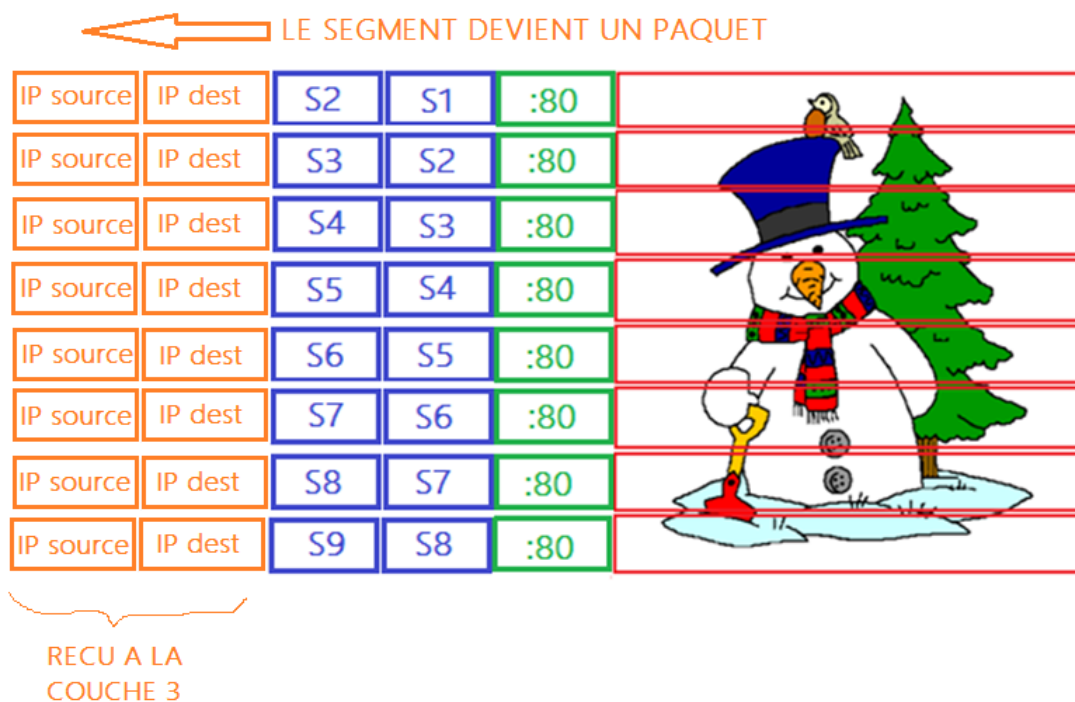


Figure 51 -Schématisation du paquet IP

f. La couche de liaison des données

Cette couche assure la liaison « physique » entre les 2 éléments terminaux en assurant la livraison des trames dans le réseau local. Elle utilise pour cela des adresses physiques et assure le contrôle, l'établissement, le maintien et la libération du lien. Les protocoles de niveau 2 permettent en outre de détecter et de corriger les erreurs qui peuvent survenir dans les supports physiques. Nous avons vu en classe les techniques utilisées pour le contrôle de ces erreurs.

Etant donné le fait que cette couche travaille avec les adresses physiques (c'est-à-dire les adresses MAC pour la technologie Ethernet), la transmission des données au-delà du réseau local ne peut donc pas être gérée par cette couche.

Cette couche utilise des adresses physiques. La transmission des données au-delà du réseau local ne peut donc pas être gérée à ce niveau. Cette couche va donc s'occuper de la liaison entre 2 machines du même réseau, par exemple un PC connecté à un switch, une imprimante connectée à un switch, deux routeurs connectés entre eux, ...

Dans la technologie Ethernet, la couche 2 va également modifier les informations envoyées. Au paquet IP, elle ajoute notamment l'adresse MAC de la source et de l'émetteur. Le paquet IP devient ainsi une **trame Ethernet** (ou Ethernet frame en anglais).

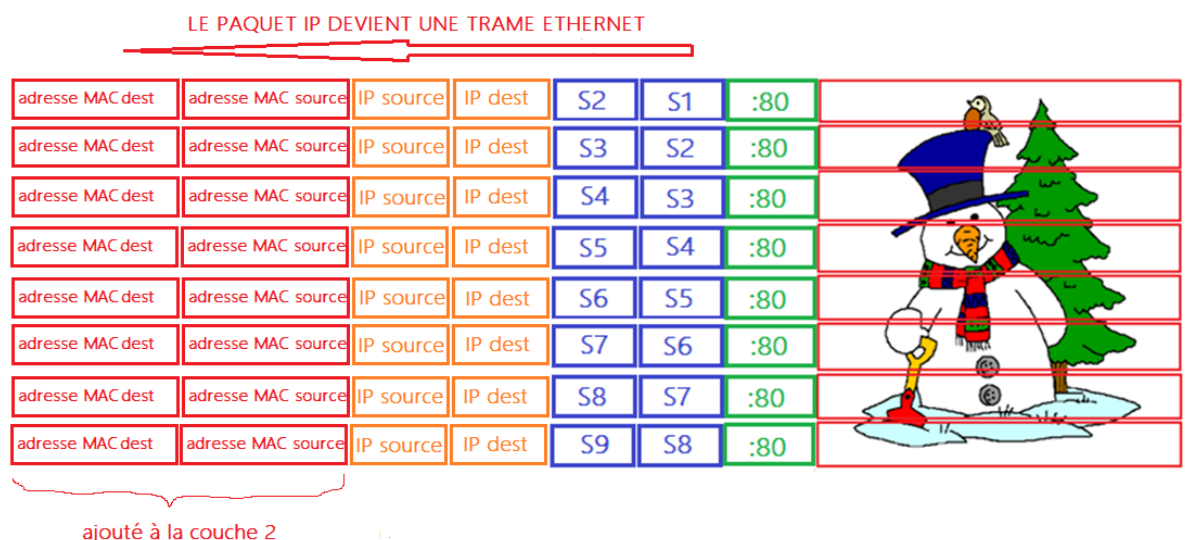


Figure 52 - Schématisation de la trame Ethernet

Nous étudierons plus en détail la trame Ethernet ainsi créée dans un prochain chapitre.

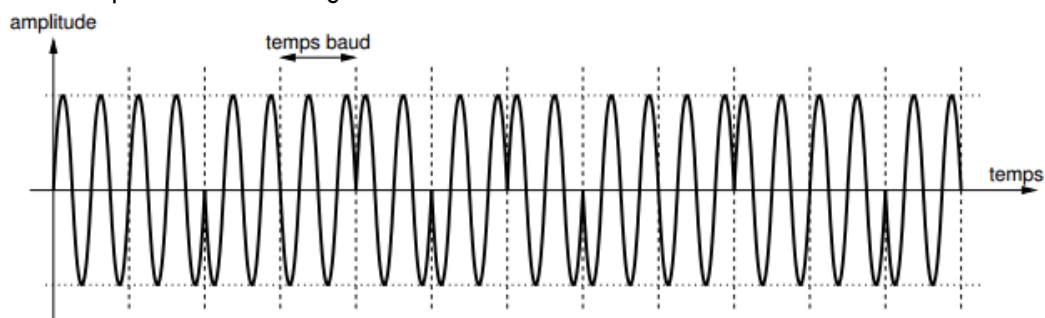
g. La couche physique

La couche physique regroupe toutes les caractéristiques de la transmission de données binaires au niveau matériel : elle définit les supports et les moyens d'y accéder. L'éventail des supports de transmission est très large, nous l'avons étudié dans le chapitre 3. La couche physique propose également des techniques de transmission binaire propres à chacun de ces supports. On retrouve donc dans cette couche les spécifications mécaniques (connecteurs utilisés, standards de brochage, ...), les spécifications électriques (niveau de tension à placer sur les câbles), mais également d'autres éléments comme le temps élémentaire nécessaire pour qu'un bit soit diffusé sur un câble.

Cette couche n'ajoute rien à la trame Ethernet mais elle va la convertir en signaux binaires (électriques, optiques, ...) et les transmettre entre les hôtes en communication.

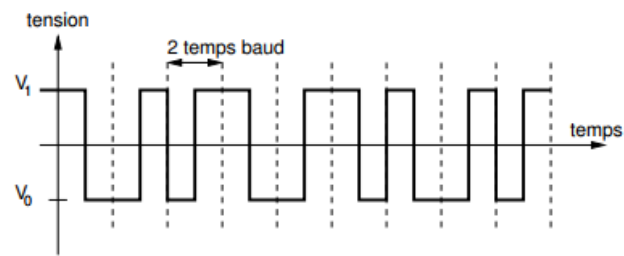
h. Exercices

1. Dans le modèle OSI, les trames encapsulent-elles les paquets ou est-ce le contraire ?
2. Quelles sont les couches utilisées par un switch ? Et par un routeur ?
3. Dans quelle couche les trames sont-elles créées ? Et les paquets ? Et les segments ?
4. Quelles fonctions peut-on attribuer à la couche transport ?
 - a. Le rassemblement des paquets en un seul message
 - b. L'encodage des bits
 - c. L'envoi et la réception d'un accusé de réception
 - d. L'envoi des trames
5. Quelles fonctions peut-on attribuer à la liaison de données ?
 - a. La gestion du branchement au support
 - b. Le contrôle CRC des erreurs dans la transmission des paquets
 - c. L'envoi des trames sur le réseau
 - d. La préparation des trames pour la couche 1
6. On désire transmettre la suite de 16 bits de données 3EB2(16). La protection contre les erreurs se fait par VRC/LRC. Le code VRC est généré tous les 4 bits et placé à la suite de ceux-ci, le LRC est placé avant la suite binaire.
 - a. Donne la suite binaire complète transmise au récepteur pour ce bloc
 - b. En supposant que par suite d'une erreur de transmission, le 7^{ème} bit de la suite soit modifié, calculer la valeur du LRC donné par le récepteur.
 - c. Dans ce cas, l'erreur peut-elle être corrigée ?
7. La détection d'erreur d'un système d'émission/réception utilise le polynôme générateur $x^6 + x^4 + x + 1$. Le récepteur reçoit la séquence binaire suivante 101011000110. Le message est-il correct ? (tester avec la méthode de division polynomiale binaire)
8. Trouver le code CRC utilisant le polynôme générateur 11010 correspondant au message à envoyer 0010111011.
9. Le message 0100101101 est-il correct sachant qu'on utilise un code CRC de polynôme générateur 1010 ?
10. a. Donnez la LRC du mot « OSC » en utilisant une parité paire pour calculer le VRC de chaque caractère (placée au 8^{ème} bit).
 b. Calculez le CRC du mot « OSC » en utilisant le polynôme générateur $x^8 + 1$ et en supposant que le 8^{ème} bit de chaque caractère est un bit de parité paire et que le mot d'information est composé des bits composant les 3 caractères à la suite.
11. Coder en codage élémentaire, en NRZ, en Manchester et en Manchester différentiel la séquence 10000101111
12. Voici la représentation d'un signal modulé :



1. Quel type de modulation a produit ce signal ?
2. Quelle est la séquence de bits qu'il représente ?

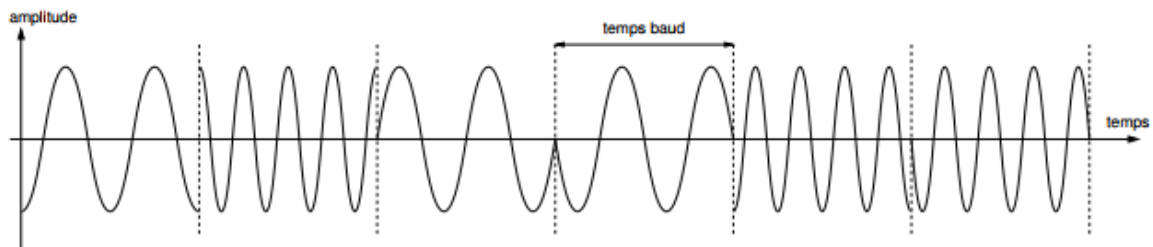
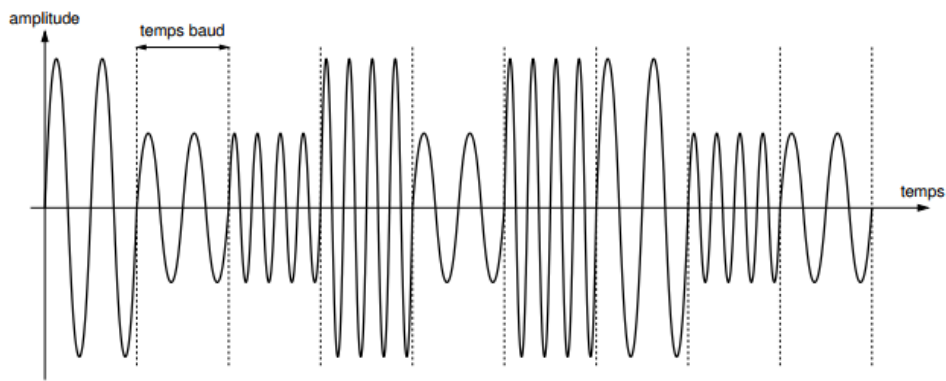
13. Voici la représentation d'un signal modulé :



1. S'il s'agit d'un codage de type Manchester, quelle est la séquence de bits qu'il représente ?

2. Et dans le cas d'un codage Manchester Différentiel ?

11. Quels types de modulation ont été utilisées pour l'émission des 2 signaux suivants : amplitude-phase, amplitude-fréquence ou fréquence-phase ?



i. Résumé

Vous trouverez ci-dessous un résumé des couches du modèle OSI et de leur rôle :

| Numéro de la couche | Nom de la couche | Rôle de la couche |
|---------------------|--------------------|--|
| 7 | Application | Point de contact avec les services réseaux |
| 6 | Présentation | S'occupe de tout aspect lié à la présentation des données : format, cryptage, encodage, ... |
| 5 | Session | S'occupe de l'initialisation de la session (applicative), de sa gestion et de sa fermeture |
| 4 | Transport | Prépare l'envoi des données. Fragmente les données en segments et y ajoute le port applicatif source et récepteur. |
| 3 | Réseau | Etablit une connexion logique (chemin) entre les hôtes. Traite de tout ce qui concerne l'identification et le routage au travers du réseau. Ajoute au segment les adresses IP source et destinataire pour en faire un paquet IP. |
| 2 | Liaison de données | Etablit une liaison physique entre les hôtes d'un même réseau. Ajoute au paquet IP les adresses MAC source et destinataire pour en faire une trame. |
| 1 | Physique | Convertit les trames en signaux transmissibles et transmet ces signaux sur le support. |