

2 Architecture de réseaux

Objectifs

- ✧ Comprendre le modèle de référence OSI.
- ✧ Comprendre les raisons qui ont conduit à l'adoption d'une architecture en couches.
- ✧ Différencier les éléments qui composent l'architecture du modèle OSI de ceux qui servent à son fonctionnement.
- ✧ Apprendre à reconnaître les éléments du modèle OSI dans les autres architectures de réseaux.
- ✧ Comprendre les caractéristiques des modes de communication avec connexion et sans connexion.

Programme de lecture

- ✧ Section 1.4 de [Tanenbaum2004]
- ✧ Section 1.3 de [Halsall1996]
- ✧ Section 1.4 de [Stallings1997]
- ✧ Pour SNA, la section 1.5.2 de [Tanenbaum2001] (3^e édition)
- ✧ Pour AppleTalk, le chapitre de 10 de Pierre, Samuel, « Réseaux locaux – Fondements, implantation et études de cas », pp. 275-302.

2.1 Hiérarchisation des protocoles

Le développement des premiers réseaux informatiques a engendré le développement rapide de technologies utilisant les supports de l'époque. L'attention était alors tournée vers une amélioration rapide des composantes matérielles et le logiciel se développait conséquemment pour en permettre l'utilisation. On mettait peu d'emphasis sur une bonne conception du logiciel ; il lui suffisait de bien contrôler le matériel émergent.

Depuis, la technologie évolue sans cesse et se diversifie afin de répondre aux nombreux besoins et conditions de son utilisation. L'apparition de technologies nouvelles côtoyant les anciennes a créé une telle variété qu'il s'est avéré nécessaire de développer une architecture capable de les utiliser tout en cachant leur complexité et leurs différences aux logiciels et aux applications qui les utilisent.

Pour résoudre ce problème, l'architecture de réseaux se structure sur un ensemble de couches dont chacune offre à la couche supérieure les services qui lui sont nécessaires tout en prenant en charge tous les détails de la logique de fonctionnement pour réaliser ces services.

Ce modèle basé sur plusieurs couches établit des protocoles de communication pour chacune d'elles. Un système ayant cinq couches, par exemple, établit la communication avec la couche 5 d'un autre système en utilisant le protocole de la couche 5. De même, les couches 4 communiquent en utilisant le protocole de la couche 4. Et ainsi de suite pour chacune des couches.

Concrètement, les couches de niveau n ne se transmettent directement aucune information. Celles-ci sont plutôt transmises de la couche du plus haut niveau jusqu'à la couche du plus bas niveau, laquelle est directement en rapport avec le support de communication pouvant transporter l'information.

Ainsi, pour une transmission entre la couche 5 du système A vers la couche 5 du système B, le message utilisera le chemin 5A, 4A, 3A, 2A, 1A, et le support de communication, 1B, 2B, 3B, 4B, 5B.

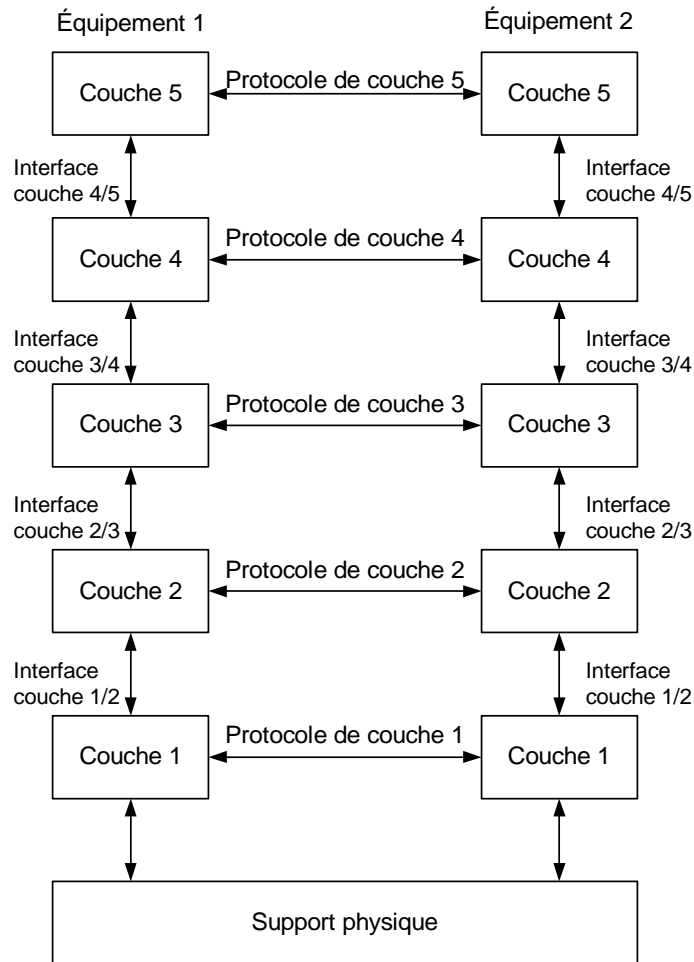


Figure 2-1 : Couches, protocoles et interfaces

Les couches 5A et 5B communiquent virtuellement entre elles en utilisant le protocole de la couche 5. Durant la transmission du message, chaque couche établit une communication avec sa correspondante comme si un lien direct existait. Le but de l'architecture de réseau étant justement de cacher à chaque couche le détail des couches inférieures. Ainsi, le support de transmission peut être remplacé ou la couche 2 modifiée sans que les couches supérieures n'en soient affectées.

Pour que les couches communiquent entre elles, il faut définir une interface. Celle-ci doit déterminer précisément les services que chaque couche offre à sa couche supérieure.

La définition d'*architecture de réseau* comprend, pour chacun des couches, les éléments suivants :

- ✧ les services,
- ✧ les interfaces,
- ✧ les protocoles.

Les spécifications de l'architecture doivent permettre la conception du matériel et des logiciels de façon à ce que chaque couche réponde aux normes du protocole défini. Ni le fonctionnement logique, ni les interfaces entre les couches ne font partie de l'architecture, elles font plutôt partie de la conception et ne sont visibles que de l'extérieur. De l'ensemble des protocoles définis par chacune des couches, il est même possible que certains protocoles ne soient pas pris en charge dans le cas où ils ne sont pas utilisés par certains réseaux.

Une analogie intéressante est décrite dans le manuel de Tanenbaum où deux philosophes de langues différentes communiquent entre eux. Le premier parle anglais et le second français et ils forment la couche 3 de leur architecture. Chacun a un traducteur dont la langue commune est l'allemand. Ceux-ci représentent la couche 2. Chaque traducteur communique avec un secrétaire à l'aide d'un moyen de communication compatible que l'on retrouve en couche 1.

Les traducteurs de la couche 2 utilisent un protocole commun ; la langue. Ils communiquent entre eux sans avoir à prendre en compte le moyen de communication utilisé par les secrétaires. La langue et les conventions utilisées par un traducteur pour communiquer avec son secrétaire sont d'ordre interne : le traducteur pourrait, par exemple, utiliser l'anglais écrit pour communiquer avec son secrétaire. Les secrétaires peuvent communiquer entre eux par écrit (courriel, télécopie) ou par téléphone ; le moyen de communication peut changer sans affecter les traducteurs qui ont toujours l'impression de communiquer dans la langue de leur choix. De même, les philosophes n'ont pas conscience des moyens de communication utilisés par les couches inférieures. Ils parlent à leur traducteur et reçoivent les réponses dans leur propre langue.

Cette analogie montre comment il est possible d'utiliser les services d'une couche sans qu'il soit nécessaire de connaître toutes les couches du réseau. Ceci simplifie le travail du programmeur qui ne doit connaître que le protocole, les services et les interfaces à utiliser pour concevoir son logiciel. Ceci permet également de modifier une couche sans intervenir dans les logiciels des autres couches.

2.2 Exigences minimales pour l'architecture

Le modèle de l'architecture établit une communication virtuelle horizontale entre chaque couche. Un certain nombre de contraintes dans un réseau informatique doivent être prises en compte lors du design. Les principales sont les suivantes :

- ✧ Chaque couche a besoin d'un mécanisme d'identification de l'émetteur et du récepteur. Comme le réseau est composé d'un grand nombre d'ordinateurs qui peuvent chacun maintenir plusieurs sessions de communication en même temps, un système d'adressage est nécessaire pour gérer la destination du message transmis.
- ✧ Il faut prévoir les règles du transfert de données pour les différents modes de communication simplex, semi-duplex et duplex intégral. Le protocole doit prévoir le nombre de liaisons nécessaires pour maintenir un lien. Plusieurs réseaux prévoient deux liaisons, une pour les messages normaux et une autre pour les messages urgents.
- ✧ La méthode utilisée pour la gestion des erreurs doit être précisée. Le récepteur doit également être informé sur le message reçu en erreur.
- ✧ Il est possible que les paquets transmis prennent différents chemins et que leur ordre d'arrivée ne corresponde pas à leur ordre de départ. Des mécanismes sont à prévoir pour assurer le maintien de l'ordonnement des paquets à la réception.
- ✧ Normalement, un contrôle de flux est à prévoir au niveau de toutes les couches pour permettre aux récepteurs moins rapides de moduler le transfert des données.
- ✧ Certains messages trop longs doivent être découpés pour être transmis et reçus par certains récepteurs. À l'inverse, un ensemble de courts messages doivent être assemblés pour être transmis plus efficacement. Des fonctions de découpage et d'assemblage des messages doivent être prévues.

2.3 Le modèle de référence OSI

2.3.1 Principes du modèle

Le modèle OSI (*Open System Interconnection*) se base sur une première proposition faite par l'ISO (*International Organization for Standardization*) pour une standardisation des protocoles dans une architecture en couches. Le modèle vise à spécifier des protocoles normalisés pour la constitution de réseaux hétérogènes. Le modèle OSI, qui comprend sept couches, résulte de l'application des principes suivants :

- ✧ une couche est définie pour chaque niveau d'abstraction requis ;
- ✧ chaque couche doit accomplir une fonction bien définie ;
- ✧ les fonctions de chaque couche prennent en compte des protocoles normalisés adoptés sur le plan international ;
- ✧ les couches doivent être délimitées de façon à minimiser l'information à passer entre les interfaces ;
- ✧ le nombre de couches doit être suffisant pour éviter que plusieurs fonctions distinctes ne se retrouvent dans une même couche et assez petit pour ne pas alourdir l'architecture.

2.3.2 Description du modèle

Le modèle OSI comporte sept couches ; la première étant en relation directe avec le support de transmission et la dernière avec les applications de l'utilisateur. Dans une communication, chaque couche établit un lien avec la couche correspondante au même niveau suivant un protocole établi. Lorsqu'une couche de niveau n transmet un message, les commandes et leurs paramètres sont passés à la couche qui lui est inférieure. Chaque couche fait de même jusqu'à ce que le message atteigne le support physique qui transporte les signaux. Le message remonte alors jusqu'à la couche du même niveau où le message est livré.

Le protocole de chaque couche est fixé par l'interface entre deux couches adjacentes et des informations qui sont ajoutées au message. L'interface détient les règles qui permettent à une couche de communiquer avec la suivante. Elle se conforme naturellement aux règles dictées par le protocole. On appelle **entête** les informations ajoutées aux messages.

Les entêtes sont des informations ajoutées au message à l'adresse de la couche ciblée. Ainsi, la couche 7 ajoute l'entête E7 au message M et la passe à la couche 6. La couche 6 ajoute à son tour l'entête E6 et passe le tout à la couche 5. Ainsi de suite, chaque couche ajoute son entête formant une pile devant le message qu'on symbolise de la façon suivante : E1 | E2 | E3 | E4 | E5 | E6 | E7 | M

Lorsque le message arrive à destination, la couche 1 lit le première entête et l'enlève puis passe la séquence E2 | E3 | E4 | E5 | E6 | E7 | M à la couche 2. La couche 7 reçoit enfin la séquence E7 | M et extrait l'entête E7 et y lit les paramètres transmis par la couche 7 avec laquelle elle communique.

En recevant le message, chaque couche ne « verra » que l'entête qui lui appartient, sans jamais être impliquée dans les communications des autres couches.

Chaque entête contient un patron de bits particulier et des informations reconnues par la couche de niveau approprié. L'absence d'un de ces entêtes indique une corruption des données qui sera détectée par la couche de niveau approprié.

L'indépendance de chaque couche par rapport aux couches inférieures est essentielle à tout le développement du réseau. Conceptuellement, une couche ne communique qu'avec la couche de même niveau.

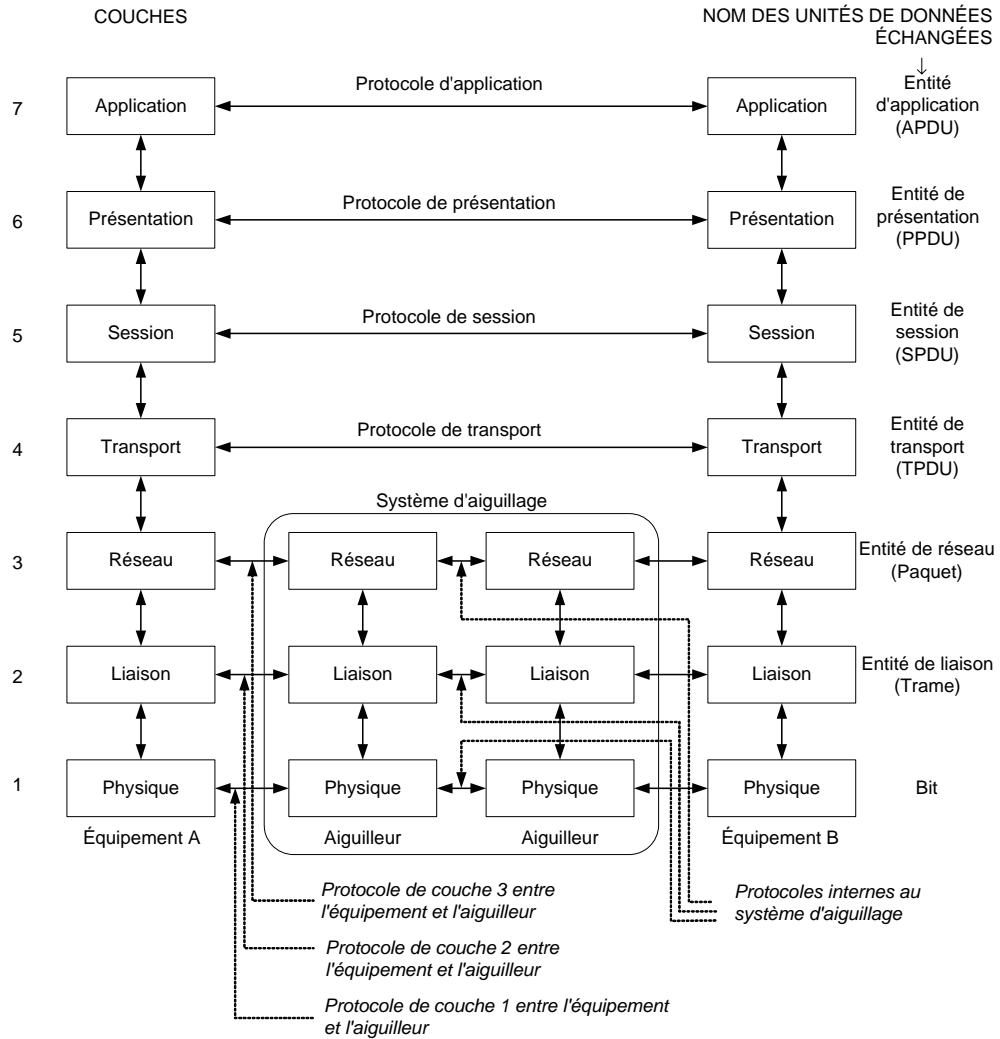
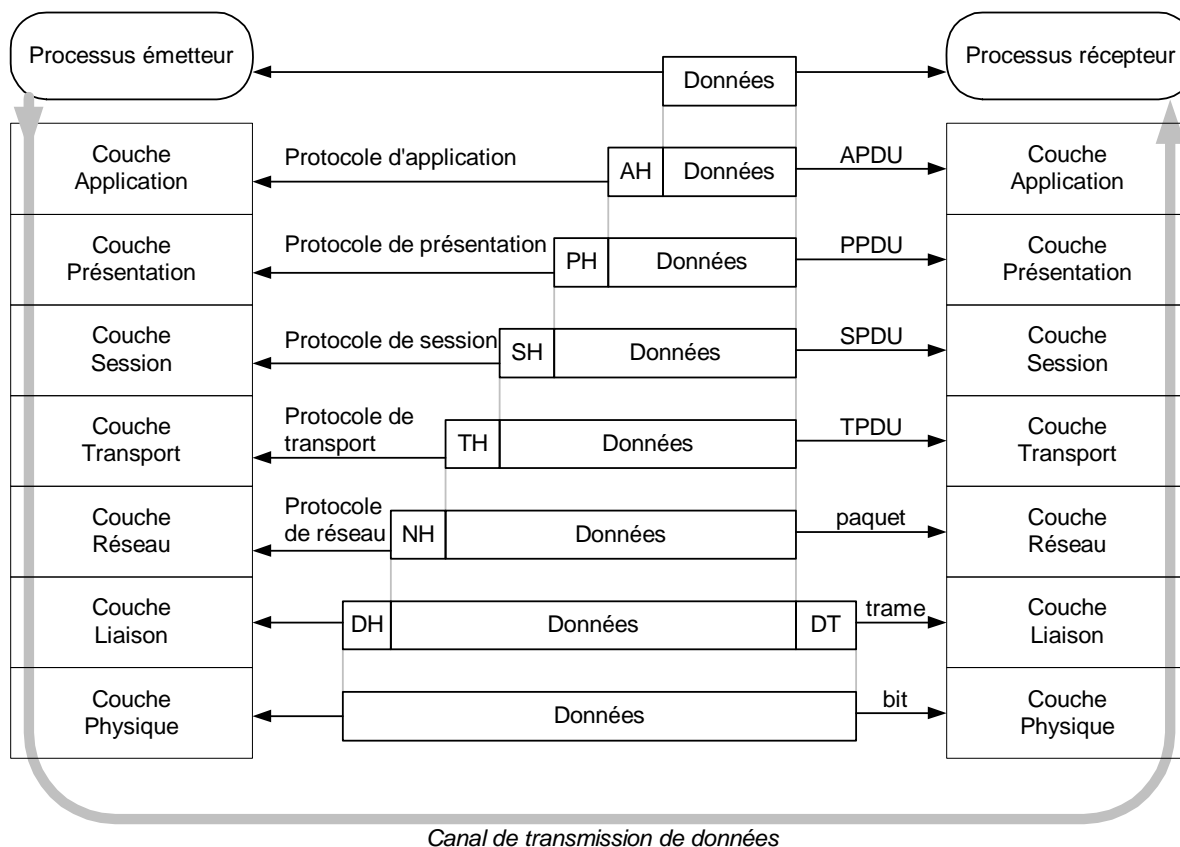


Figure inspirée de Andrew TANENBAUM, Réseaux, 4^e éd., p 46.

Figure 2-2 : Le modèle de référence OSI.



- AH : En-tête d'application
- PH : En-tête de présentation
- SH : En-tête de session
- TH : En-tête de transport
- NH : En-tête de réseau
- DH : En-tête de liaison de données
- DT : Délimiteur de fin de trame

Figure 2-3 : Exemple d'utilisation du modèle OSI.

2.3.3 Définition des éléments du modèle

2.3.3.1 Couche

Une couche représente un niveau d'abstraction dans le modèle de communication. Chaque couche offre un ensemble de services à la couche qui lui est supérieure dans le modèle, et est composée de deux interfaces et d'un protocole. Une couche cache les particularités des couches inférieures aux couches supérieures. Une couche peut être mise en œuvre de façon matérielle, de façon logicielle ou de façon logicielle et matérielle (hybride).

2.3.3.2 Protocoles

Un protocole est un ensemble de règles contrôlant les échanges entre deux couches d'un même niveau hébergées sur deux équipements qui

communiquent entre eux. Il régit l'arrangement et la composition des messages et des paquets ainsi que les méthodes de contrôle de la communication à chaque niveau.

Un protocole est normalisé lorsqu'il a obtenu l'agrément d'un organisme international de normalisation.

2.3.3.3 Services

Un service combine de façon cohérente un ensemble de fonctions primitives. Par exemple, une connexion comprenant les opérations d'établissement, de maintien et de rupture est un service. Chaque couche fournit un ou plusieurs services à la couche supérieure ; elle est le fournisseur de service. Chaque couche est donc utilisatrice des services de la couche qui lui est immédiatement inférieure. La dernière couche est en relation avec l'application qui utilise le réseau.

2.3.3.4 Interfaces

Une interface est un ensemble de fonctions primitives permettant à deux couches de communiquer. Elle est en fait le seul point commun entre deux couches. Chaque couche possède une structure de données et des règles de communication qui lui sont propres.

2.3.3.5 Points d'accès au service

Les services d'une couche sont accédés via les points d'accès au service (PAS). Chaque point d'accès possède un identificateur unique qui sert de référence pour les utilisateurs du service (services ou applications). Un même point d'accès peut être utilisé par plusieurs utilisateurs. Par exemple, trois applications utilisant un même service doivent référer au même point d'accès, celui du service.

Note

TCP/IP utilise aussi le concept de point d'accès. Il n'y a toujours qu'un point d'accès par service et deux points d'accès de deux couches transport ne peuvent former qu'une connexion, car il n'y a qu'une référence. Plusieurs applications peuvent utiliser le même point d'accès en utilisant de pointeurs différents.

2.3.4 Fonctions de la couche application

La couche application fournit l'ensemble des services de réseautique aux programmes d'application de l'utilisateur. Les services les plus couramment utilisés sont le contrôle de l'accès aux fichiers distants, le transfert des données et les services de messagerie.

Le programmeur peut utiliser ces services à l'aide d'un ensemble de fonctions primitives bien définies. L'utilisation de ces fonctions primitives est la même pour tous les systèmes d'exploitation et représente le protocole défini pour la couche application dans le modèle OSI. Ceci permet une programmation homogène et une interface d'utilisation

similaire pour tous les environnements informatiques, qu'il s'agisse de postes de travail, de mini-ordinateurs ou de systèmes centraux.

Les détails de fonctionnement sont cachés à l'utilisateur et sont pris en charge par le système d'exploitation et le matériel utilisé. L'interface de la couche application accepte les paramètres fournis par l'utilisateur, effectue la transaction et retourne un indicateur de succès ou d'erreur.

L'ordre de présentation des services doit être respecté. Par exemple, il n'est pas possible d'authentifier le partenaire (5.) avant d'avoir négocié les mécanismes de sécurité (4.).

Les services fournis par la couche application sont les suivants :

- ✧ identifier le partenaire de communication par son nom ou son adresse,
- ✧ déterminer l'accessibilité de la communication,
- ✧ demander les droits de communication,
- ✧ négocier les mécanismes de sécurité,
- ✧ authentifier le partenaire de communication,
- ✧ négocier les règles de communication,
- ✧ négocier les règles de correction des erreurs,
- ✧ identifier les contraintes de format et de syntaxe des données.

2.3.5 Fonctions de la couche présentation

Le rôle de la couche présentation est de convertir les données reçues par le réseau dans une forme compatible avec l'équipement qui les reçoit. Le format et la structure des données font partie d'une syntaxe définie par l'environnement de chaque équipement ; on la dit ***syntaxe locale***.

Les utilisateurs n'échangent pas que des données binaires ; celles-ci ont une signification et doivent être interprétées. Par exemple, le format des noms de personnes, des dates, de la monnaie, etc. diffère d'une région et d'une organisation à l'autre.

Une ***syntaxe commune*** est définie et cette syntaxe est celle utilisée par deux équipements pour communiquer et échanger des données. Pour assurer un échange correct, lors de la réception, un équipement doit être en mesure d'accepter et de convertir la syntaxe commune en une syntaxe qui lui est propre, la syntaxe locale. Il doit également être en mesure d'utiliser la syntaxe commune en émission.

Un équipement doit indiquer à l'équipement avec lequel il est en communication le type de données et les standards utilisés pour le transfert. La couche présentation gère la communication de ces informations et effectue la conversion des données.

Même si le modèle ne le définit pas explicitement, la couche présentation est également impliquée dans la compression et le chiffrement des données.

2.3.6 Fonctions de la couche session

La couche session fournit aux couches supérieures les services de connexion et assure la continuité et la synchronisation de la communication.

Au niveau de l'interaction entre les applications, la communication peut avoir lieu dans les deux sens en même temps (duplex intégral) ou dans un sens à la fois. Dans ce dernier cas, la couche session fournit les services permettant le contrôle du dialogue entre les deux parties.

Il est possible qu'au cours d'un transfert, une erreur de transmission entraîne l'interruption de la communication. La couche session effectue les opérations nécessaires pour rétablir la communication de sorte que les couches supérieures puissent compter sur une communication continue.

Lors de transfert de fichiers volumineux, par exemple, les couches session insèrent des points de synchronisation dans le flot de données. Suite à une interruption, la reprise du transfert se fait à partir du dernier point de synchronisation permettant ainsi d'éviter de reprendre la transmission depuis le début et de retransmettre tout le fichier.

La couche session cache les traitements effectués par les couches inférieures pour établir et maintenir une communication continue, cependant, les erreurs de communication qui ne peuvent être résolues sont transmises à la couche application (message d'erreur).

2.3.7 Fonctions de la couche transport

La principale fonction de la couche transport est de gérer la communication de bout en bout sur le réseau. Elle s'assure que les messages transmis entre les équipements parviennent correctement à destination. Lorsque nécessaire, elle fragmente les messages en éléments plus petits puis les passe à la couche réseau. Elle effectue également l'assemblage lorsque le message arrive à l'autre extrémité de la communication (la couche transport de la destination).

La communication entre les couches transport est une communication point à point, c'est-à-dire qu'elle se fait directement entre les deux extrémités de la connexion. Le chemin physique de la transmission des messages peut passer par plusieurs ordinateurs et aiguilleurs. Au niveau des couches inférieures, la communication se fait entre chacun des équipements intermédiaires. La couche transport gère l'ensemble des connexions de façon à obtenir un lien virtuel entre les extrémités et fait l'association entre les messages et les connexions.

La couche transport est également responsable de la qualité de la communication. Elle offre cinq classes de services. La classe 0 ne fournit que les fonctions de base et la classe 4 procure un contrôle maximal de contrôle de flux et de reprise des erreurs. Selon les besoins, elle peut multiplexer les connexions pour réduire le coût de la communication ou

coordonner plusieurs connexions en parallèle pour établir un lien plus rapide.

Enfin, elle joue un rôle clé dans le contrôle du flux entre les équipements de façon à contrôler la vitesse de transmission lorsque le récepteur est moins rapide.

2.3.8 Fonctions de la couche réseau

La couche réseau est responsable des opérations qui impliquent les équipements d'aiguillage. Les technologies qui composent un réseau varient en fonction de l'âge des réseaux et des technologies utilisées. Ces différences proviennent de l'évolution plus ou moins rapide des réseaux, des services de base disponibles (réseaux téléphoniques, câbles, liens rapides) et des coûts d'utilisation.

La couche réseau détermine le chemin que prendra le message pour se rendre à destination ; c'est l'aiguillage. Un message peut rencontrer plusieurs problèmes avant de se rendre à destination : un système d'adressage différent est utilisé par un réseau ; le message est refusé par un autre réseau à cause de sa longueur ; des protocoles différents sont utilisés. Le rôle de la couche réseau est de corriger les problèmes relatifs à la condition hétérogène du réseau.

Certains équipements d'aiguillage sont plus sollicités que d'autres, la congestion s'installe alors et diminue la performance de ceux-ci. La couche réseau s'occupe de contrôler la congestion en distribuant le trafic vers des réseaux moins sollicités.

*L'élément de réseau est souvent désigné **paquet**.*

Enfin, la couche réseau assure le transfert de chaque élément de réseau entre les points de l'équipement d'aiguillage cachant ainsi à la couche transport les opérations nécessaires pour établir une liaison entre deux points du réseau.

2.3.9 Fonctions de la couche liaison

La fonction principale de la couche liaison est de gérer les erreurs qui se produisent sur le lien physique de façon à présenter à la couche réseau une communication exempte d'erreurs.

*L'élément de liaison est souvent désigné **trame**.*

Pour ce faire, elle organise les bits en éléments de liaison et en définit la structure syntaxique de manière à valider les blocs de données transmis et à s'assurer qu'ils ont atteint leur destination intacts. Des mécanismes de détection et de correction d'erreurs sont adaptés au type de lien physique utilisé et améliore la qualité de la transmission. Seules les erreurs non résolues sont indiquées à la couche réseau.

La couche liaison établit la liaison sur la connexion physique et supervise son fonctionnement selon le mode de transmission, la nature de l'échange et le type de liaison utilisé. Par exemple, elle contrôle le **flux de données** entre l'émetteur et le récepteur pour permettre à un

récepteur plus lent de compléter la lecture de chaque élément de liaison avant d'en recevoir un autre.

Dans une communication de type diffusion (*broadcast*) la couche liaison s'occupe également de gérer le partage du lien. Cette fonction est prise en charge par une sous-couche appelée « *medium access sublayer* »

2.3.10 Fonctions de la couche physique

La couche physique gère la transmission de chaque bit sur le lien physique. L'information sur le type de données (numériques, caractères) est connue des couches supérieures. La couche physique définit le moyen de représenter un bit sous forme de signal physique (électrique, électromagnétique, lumineux, sonore, etc.) et la technologie servant à le transmettre.

Malgré la simplicité apparente de son domaine de juridiction, la couche physique est très complexe, car elle doit tenir compte d'un grand nombre de techniques de transmission. Pour répondre à des besoins de coûts, de vitesse, de sécurité et d'adaptation aux services existants, une multitude de solutions se sont développées et font partie des technologies utilisées.

La couche physique est composée de normes spécifiant tous les aspects de la connexion physique :

- ✧ les caractéristiques du support physique,
- ✧ les spécifications des connecteurs,
- ✧ les normes électriques,
- ✧ le protocole des interfaces.

2.4 Exemples d'architectures de réseaux

Le modèle de référence OSI est un modèle théorique issu de l'analyse des besoins de la réseautique. Parallèlement à l'étude qui a mené au modèle de l'OSI, d'autres architectures se sont développées pour répondre à des applications qui ont ciblé des domaines différents. On observe plusieurs architectures différentes qu'on peut comparer pour mettre en évidence un certain nombre de points communs. Il est intéressant de voir les ressemblances entre le modèle théorique de l'ISO et les autres qui furent guidés par des exigences pratiques. Le tableau suivant met en correspondance quelques-unes de ces architectures.

Tableau 2-1 : Comparaison d'architectures de réseaux

ISO : International Standards Organization
 ARPANET : Advanced Research Projects Agency
 SNA : Systems Network Architecture IBM
 DECNET : Digital Equipmet Corporation

N°	ISO	N°	TCP/IP	ARPANET	SNA	DECNET
7	Application	4	Application	Utilisateur	Utilisateur final	Application
6	Présentation			Telnet, FTP	Services NAU	
5	Session			(Rien)	Contrôle de flot de données	(Rien)
4	Transport	3	Transport	Hôte - Hôte	Contrôle de transmission	Services réseau
3	Réseau	2	Internet	IMP Source/Dest.	Contrôle de chemin	Transport
2	Liaison des données	1	Accès au réseau (LLC+MAC)	IMP - IMP	Contrôle de liaison de données	Contrôle de liaison de données
1	Physique	0	Physique	Physique	Physique	Physique

LLC : Logical Link Control
 MAC : Medium Access Control
 IMP : Interface Message Processor
 NAU : Network Addressable Units

2.4.1 Architecture de Netware

Novell Netware fut longtemps une des architectures de réseaux les plus populaires. Ce réseau a été développé pour permettre de remplacer des ordinateurs centraux par des ordinateurs personnels reliés en réseau. La popularité de Netware tient au fait qu'il a été développé pour les systèmes d'exploitation les plus courants et qu'il permet de maîtriser le problème de la différence de technologies.

Le Netware pour les ordinateurs de la série 286, 386, 486 permet de prendre en charge plusieurs centaines d'utilisateurs simultanément et d'ouvrir en parallèle quelques milliers de fichiers. Le Netware pour la série Apple bonifie le réseau Appletalk au niveau de la sécurité tout en l'intégrant à un réseau commun. La version VMS de DEC permet à des applications DOS ou VMS d'accéder aux mêmes fichiers de données.

Le système Netware est basé sur le modèle client-serveur. Il permet d'utiliser les ordinateurs les plus puissants comme serveurs de fichiers et

de base de données pour un bassin de clients pouvant compter plusieurs centaines d'ordinateurs différents.

Netware utilise une architecture qui fut développée avant l'avenue du modèle OSI et présente 5 couches. Les couches de connexion (physique et liaison) reconnaissent plusieurs standards de l'industrie tels Ethernet (à contention) et *Token Ring* (à jetons). La couche réseau utilise le standard IPX (*Internet Packet eXchange*), lequel est un protocole en mode sans connexion (*unreliable and connectionless*). Netware transmet l'élément sans modification à la couche transport. L'en-tête contient l'information sur l'adresse source, l'adresse destination, le type de paquet et sa longueur.

La couche transport se compose de plusieurs protocoles :

- ✧ SPX (*Sequence Packet eXchange*) fournissant uniquement un service de transport,
- ✧ NCP (*Network Core Protocol*) procurant plusieurs services en plus du service de transport,
- ✧ TCP est également disponible.

Les applications peuvent utiliser le protocole de leur choix. Le système de fichiers utilise NCP, alors que Lotus Notes exploite SPX.

2.4.2 SNA

Lectures facultative :

- PIERRE, Samuel, *Réseaux locaux - Fondements, implantation et études de cas* : ch. 11 L'architecture SNA, pp. 303-324.
 - TANENBAUM, Andrew S., *Computer Networks*, 3^e édition : section 1.5.2. Introduction to SNA, pp. 23-26
-

2.4.3 Appletalk

Lecture facultative :

- PIERRE, Samuel, *Réseaux locaux – Fondements, implantation et études de cas* : ch. 10 L'architecture Appletalk, pp. 275-302.
-

2.4.4 Implantation du modèle OSI

Le modèle de référence OSI a d'abord été défini formellement avant d'être implanté sur de vrais réseaux. Cela lui donne l'avantage d'une bonne généralité et fait en sorte qu'il s'ajuste bien aux nouvelles technologies. Par contre, l'inconvénient est que certains choix qui ont été faits s'appliquent mal à la réalité. Le tout demeure complexe, difficile à implanter et le résultat est souvent inefficace.

Voici le nom de quelques systèmes de télécommunication privés : DSA (Honeywell), DCA (Univac), BNA (Burroughs), SNA (IBM), DECNET III (DEC), DNA (NCR). Voir le tableau à la page 505 de *Telecommunications System Engineering*, Roger L. FREEMAN, John Wiley & Sons inc. 1989.

En plus du modèle de référence OSI, on retrouve d'autres modèles de références. Le plus connu est la famille de protocoles de l'Internet : TCP/IP. Ce modèle possède de nombreux points communs avec le modèle OSI mais diffère en plusieurs points. En particulier il ne comporte ni couche présentation ni couche session (peu utilisées dans OSI). De plus TCP/IP utilise les couches inférieures (physique et liaison) plus qu'il ne les définit. Cela vient du fait que TCP/IP se préoccupe surtout de l'acheminement des données dans un réseau et moins de la façon de placer les données sur le support.

Le modèle TCP/IP a été construit dans l'ordre inverse d'OSI. Les diverses parties ont été d'abord programmées puis ensuite insérées dans le modèle. Cela donne un modèle plus simple et du code plus performant, mais le modèle est moins homogène et les solutions « du moment » s'ajustent mal aux nouveaux besoins.

L'objectif initial du projet était de relier de façon très robuste des ordinateurs différents. Dans un contexte de guerre froide, l'armée américaine voulait une solution qui résiste à la perte d'un nœud dans le réseau.

La conclusion de tout cela est que le modèle OSI est parfait pour étudier ce que sont des protocoles, mais c'est TCP/IP qu'on retrouve dans la majorité des réseaux. Cependant, cette démarcation a tendance à disparaître puisque l'évolution du modèle TCP/IP le rapproche de plus en plus du modèle OSI.

2.5 Modèle TCP/IP

La famille des protocoles TCP/IP sont issus d'un programme de recherche visant au développement d'un réseau expérimental à commutation de paquets, le réseau ARPANET. Le réseau fut développé par le ministère américain de la défense et s'est étendu jusqu'à englober une centaine d'universités et de sites gouvernementaux utilisant des lignes téléphoniques privées.

Avec l'ajout de réseaux sans fils apparurent les difficultés à interconnecter les nouveaux réseaux et ceux déjà existants. Les protocoles utilisés n'étaient plus adéquats et il devint impératif de définir une nouvelle architecture. Celle-ci devint l'architecture de référence TCP/IP qui fut définie pour la première fois par Cerf et Kahn en 1974.

Il n'y a pas de modèle TCP/IP comme dans le cas du modèle OSI, mais une organisation à posteriori de l'ensemble des opérations en cinq couches :

- ✧ application,
- ✧ transport,
- ✧ internet,
- ✧ accès-réseau,

✧ physique.

2.5.1 La couche physique

La première couche, appelée la couche physique, n'est pas identifiée dans toutes les représentations de l'architecture TCP/IP et est souvent incluse dans la couche accès-réseau. Elle correspond à la couche physique du modèle OSI; elle gère la transmission et la représentation des bits sur le lien physique et la technologie servant à le transmettre.

La couche physique identifie les normes spécifiant les caractéristiques de transmission du support, la nature des signaux, la spécification des connecteurs, les normes électriques, etc.

La couche physique est présentée sommairement au chapitre, « *Éléments de couche physique et liaison* », et discutée plus en détail au module « *Couches physique et liaison* ».

2.5.2 La couche accès-réseau

La couche accès-réseau intègre la couche liaison et une partie de la couche réseau du modèle OSI. Elle réunit plusieurs protocoles d'accès aux réseaux, tels le protocole X.25 et la norme 802.3 qui ont été développés pour les réseaux locaux et les réseaux commutés. Ces protocoles forment des *trames* très sophistiquées pour le transport des données.

L'expression « même réseau » s'adresse à l'ensemble des équipements pouvant communiquer directement entre eux (sans l'entremise d'un aiguilleur) et utilisant le même protocole, les mêmes techniques d'aiguillage, le même système d'adressage.

La couche accès-réseau effectue la régulation du flux de données et la gestion des erreurs. En plus des fonctions de la couche liaison du modèle OSI, elle prend également en charge l'acheminement des trames sur *un même réseau*. Elle utilise un système d'adressage et détermine le chemin que suivra la trame. Une partie des opérations appartenant à la couche réseau du modèle OSI est exécutée par cette couche.

2.5.3 La couche *internet*

Dans le cas où la communication doit s'établir entre des équipements situés sur deux réseaux différents, la couche *internet* fournit les fonctions d'aiguillage nécessaires. Son objectif est de permettre aux *paquets* d'un réseau de circuler à travers n'importe quel autre réseau. Chaque trame peut cheminer de façon indépendante et arriver à destination dans un ordre différent de l'ordre d'émission.

La couche *internet* définit un protocole nommé IP (*Internet Protocol*). L'entité reliée à la couche *internet* se nomme *trame IP*. Pour améliorer la performance du service IP, les mêmes mécanismes de contrôle de qualité et de congestion sont utilisés. De plus, les services offerts par la

couche *internet* s'apparentent à ceux de la couche réseau du modèle OSI.

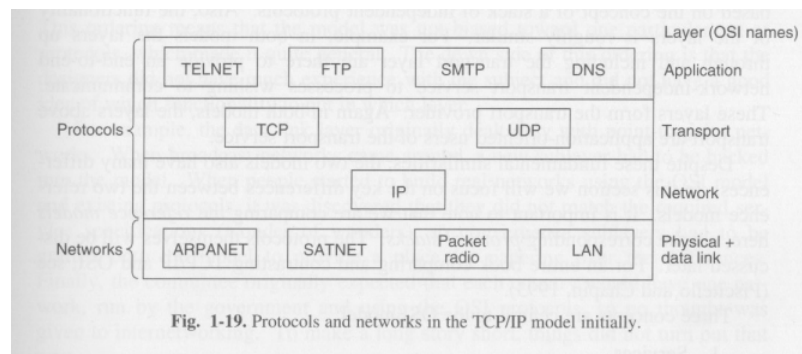
2.5.4 La couche transport

La couche transport utilise les services de la couche *internet* et permet à deux partenaires de communication d'échanger sans tenir compte de la structure du réseau, des différences de protocoles sous-jacents et de la technologie utilisée pour acheminer les données.

Elle définit deux protocoles pour l'acheminement des entités de transport ; le protocole TCP (*Transmission Control Protocol*) qui utilise un mode de communication avec connexion et le protocole UDP (*User Datagram Protocol*) qui utilise un mode de communication sans connexion.

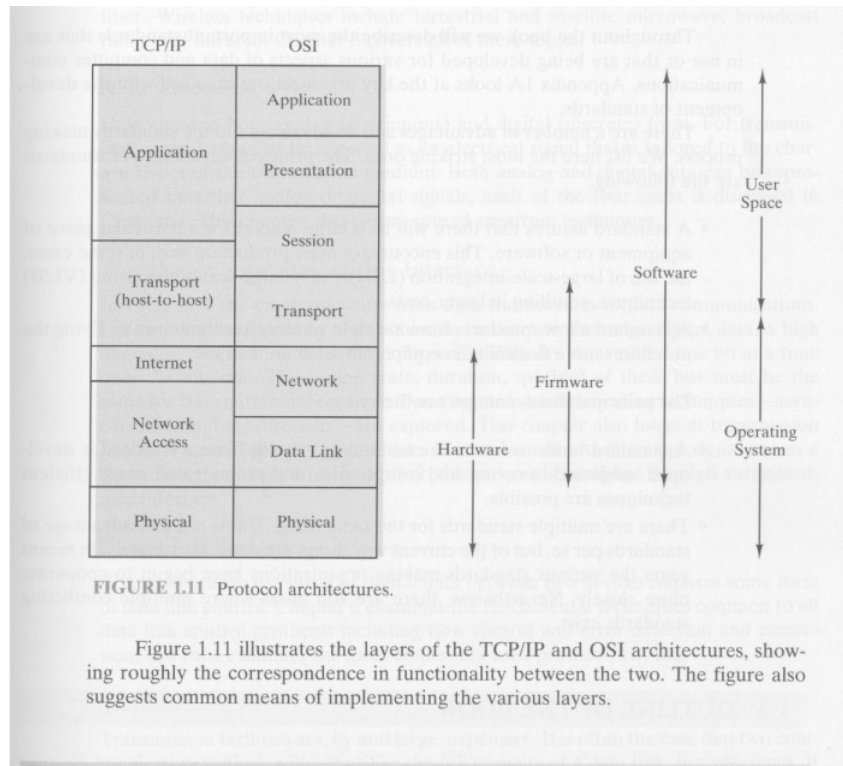
2.5.5 La couche application

L'architecture TCP/IP ne définit aucune couche session et présentation. La couche application vient juste au-dessus de la couche transport. Elle inclut le terminal virtuel (telnet), le service de transfert de fichiers (ftp), le service de messagerie électronique (SMTP), des protocoles comme le serveur de noms de domaines (DNS) et le protocole de recherche sur le web (HTTP), etc.



tirée de Réseaux, Andrew TANENBAUM, 3e édition, Pearson Education, p. 37

Figure 2-4 : Relation entre le modèle TCP/IP et le modèle OSI.



tirée de Réseaux, Andrew TANENBAUM, 3e édition, Pearson Education, p. 37

Figure 2-5 : Architecture TCP/IP et protocoles.

2.5.6 Quelques services utiles dans les réseaux Internet

2.5.6.1 DNS

Au niveau application les ordinateurs IP sont désignés par des adresses symboliques, tel `www.internic.net`. Ces noms sont très utiles pour la gestion par des êtres humains car ils sont plus faciles à mémoriser que des suites de numéros. De plus, les noms symboliques permettent d'isoler le niveau conceptuel (où s'adresser pour obtenir tel service) du niveau physique (quel est présentement l'ordinateur qui offre tel service). Ce système de noms symbolique est appelé DNS (*Domain Name System*).

Par contre quand vient le temps de transmettre un message à une destination choisie, il faut pouvoir localiser concrètement l'ordinateur destinataire. Dans l'univers TCP/IP, cela se fait en utilisant une adresse IP qui de par sa nature hiérarchique permet de retrouver facilement le destinataire et le trajet à suivre pour y arriver.

Pour faire la conversion entre les adresses symboliques et les adresses IP on fait appel à un serveur DNS. Chaque réseau TCP/IP dispose de son propre serveur DNS. Lorsque le serveur DNS local ne connaît pas l'adresse symbolique d'une requête, il transfère la requête à un serveur

régional ou national. Lorsque la réponse lui parvient, il la mémorise afin de pouvoir répondre plus rapidement par la suite.

2.5.6.2 BOOTP et DHCP

Afin d'aider à la gestion des adresses dans les réseaux locaux Internet, on peut utiliser un service de configuration d'adresse tel que BOOTP (*Bootstrap Protocol*) ou DHCP (*Dynamic Host Configuration Protocol*).

Ces services permettent de configurer automatiquement un ensemble de paramètres utiles dans tous les postes d'un réseau local, tel que :

- ✧ adresse IP;
- ✧ masque du sous-réseau;
- ✧ adresse du serveur de nom DNS;
- ✧ adresse de la passerelle Internet;
- ✧ nom du domaine IP.

L'utilisation d'un tel service, simplifie grandement la tâche du gestionnaire réseau et réduit le risque d'erreur. De plus, si un ordinateur est déplacé, il prendra automatiquement les bons paramètres correspondant au nouveau sous-réseau.

Le serveur DHCP remplace et le serveur BOOTP.

Dans un environnement propriétaire, tel que Microsoft, le serveur DHCP distribue également l'adresse du serveur WINS, le nom de domaine, et d'autres paramètres utiles à la gestion des réseaux Microsoft.

2.6 Synthèse

Le développement rapide des communications a fait naître le besoin d'une architecture qui permet la cohabitation de technologies différentes dans un même réseau. L'étalement du réseau et son application à des besoins variés lui ont conféré une hétérogénéité qui a conduit à l'adoption d'une structure en couches.

La mise en œuvre des critères définis par l'OSI pour assurer l'indépendance des couches s'est concrétisée par un modèle de référence basé sur la description des tâches et le respect des protocoles normalisés

Dans un processus de communication, chaque couche communique avec sa correspondante par un canal virtuel en faisant abstraction des couches inférieures.

Le modèle OSI présente sept couches constituées de telle sorte que la modification radicale de l'une d'elles n'affecte en rien le modèle, ni les autres couches. Ainsi, il est possible d'intégrer des technologies comme ATM.

Chaque couche du modèle rencontre les objectifs décrits dans le tableau suivant :

Tableau 2-2 : Comparaison d'architectures de réseaux

Couche	Fonction
Application	fournit les services de réseautique aux programmes d'application.
Présentation	convertit les données reçues par le réseau dans une forme compatible avec le système qui les reçoit.
Session	assure la continuité et la synchronisation de la communication.
Transport	assure une connexion fiable et sans erreur de bout en bout sur le réseau.
Réseau	établit la connexion entre deux équipements d'un même réseau ou de deux réseaux différents.
Liaison	gère le lien physique et assure une transmission sans erreur sur le support.
Physique	gère la transmission des bits sur le support physique.

Chaque couche peut théoriquement fournir les ressources nécessaires à deux modes de communication : le mode sans connexion et le mode avec connexion.

Le mode avec connexion comprend typiquement trois phases : l'établissement, l'utilisation et la rupture de la connexion. Il s'apparente à une communication téléphonique. L'appelant utilise un numéro pour établir une connexion avec son correspondant. Durant l'échange, les paroles arrivent dans l'ordre et sont validées par le récepteur. Une convention permet de rompre à la communication et les deux correspondants raccrochent. Si la communication est coupée, un des correspondants la rétablit et elle est reprise après un réajustement.

Le mode sans connexion s'apparente au courrier. Aucune connexion n'est établie préalablement. Un long message peut être découpé et envoyé dans des enveloppes séparées et numérotées. Elles arrivent à destination dans le désordre en empruntant chacune un chemin qui lui est propre. Le correspondant rassemble les enveloppes et reconstitue l'ordre. Si la communication est interrompue, une enveloppe peut manquer. Un message de la destination demande à la source de poster à nouveau le message manquant. Le message complet est lu et une confirmation est postée à la source.

Le développement rapide des communications a fait naître le besoin d'une architecture qui permet la cohabitation de technologies différentes dans un même réseau. L'étalement du réseau et son application à des besoins variés lui ont conféré une hétérogénéité qui a conduit à l'adoption d'une structure en couches.

La mise en œuvre des critères définis par l'OSI pour assurer l'indépendance des couches s'est concrétisée par un modèle de

référence basé sur la description des tâches et le respect des protocoles normalisés

Dans un processus de communication chaque couche communique avec sa correspondante par un canal virtuel en faisant abstraction des couches inférieures.

Le modèle OSI présente sept couches constituées de telle sorte que la modification radicale de l'une d'elles n'affecte en rien le modèle, ni les autres couches. Ainsi, il est possible d'intégrer des technologies comme ATM.

Chaque couche du modèle rencontre les objectifs décrits dans le tableau suivant (la correspondance est approximative) :

Tableau 2-3 : Fonctions des couches – OSI versus TCP/IP

Modèle OSI	Fonction	Modèle TCP/IP
Application	fournit les services de réseautique aux programmes d'application.	Application
Présentation	OSI : convertit les données reçues par le réseau dans une forme compatible avec le système qui les reçoit.	–
Session	OSI : assure la continuité et la synchronisation de la communication.	–
Transport	assure une connexion fiable et sans erreur de bout en bout sur le réseau. négocie et gère la qualité de service.	Transport (<i>host to host</i>)
Réseau	gère l'aiguillage pour le transport des données. OSI : établit la connexion entre deux équipements d'un même réseau ou de deux réseaux différents. TCP/IP : transporte les paquets au <i>meilleur effort</i> .	Internet
Liaison	gère le lien physique et assure une transmission sans erreur sur le support. TCP/IP : gère aussi l'acheminement dans le réseau local.	Accès réseau
Physique	gère la transmission des bits sur le support physique.	(non spécifié)