

CHAPITRE 02

LA NORMALISATION - MODELE OSI



But du chapitre

A la fin de ce chapitre, l'étudiant sera capable de répondre aux questions suivantes :

- Quelle est la motivation derrière le découpage des logiciels (en générale) et en particulier ceux de réseaux en couches (ou modules) ?
- Quelles sont les organisations de normalisation ?
- C'est quoi le modèle en couches ? c'est quoi le modèle de référence OSI ?
- Quel est le principe de communication dans le modèle OSI ?
- Quelles sont les fonctionnalités de chacune des sept couches du modèle OSI ?
- C'est quoi la pile protocolaire TCP/IP ?

1 Introduction

L'objectif principal d'un réseau est de faire communiquer et échanger des données entre les équipements qui communiquent à travers lui. Donc, on dit qu'un réseau fonctionne si et seulement si tous ces équipements sont **capables de communiquer** entre eux. Cependant, les équipements réseaux sont conçus par des fabricants différents, et donc la communication entre deux appareils nécessite la prise en considération des différences matérielles et logicielles. C'est exactement la même chose pour nous les êtres humains, pour que deux personnes puissent communiquer et comprennent l'un l'autre il faut qu'elles parlent le même langage.

Au début, il y avait des solutions **propriétaires** où chaque société a remédié au problème de communication de sa propre façon en créant sa propre technologie pour faire communiquer les équipements d'un réseau. Mais avec le temps les sociétés avaient besoin d'**interconnecter leurs réseaux** afin de profiter de la technologie réseau, et là elles se sont trouvées face au problème d'incompatibilité : chaque réseau utilise ses propres spécifications et implémentations pour échanger les données.

Pour pouvoir faire communiquer les différents réseaux entre eux, la solution était d'**adopter des normes (standard)** pour assurer une conformité entre les spécialistes du domaine.

2 Normalisation

La normalisation est l'action de promouvoir la conformité au moyen de **normes**, c'est-à-dire l'établissement de règles contribuant à l'utilisation de **méthodes uniformes**.

2.1 Norme (Standard)

Une norme est un document approuvé par un organisme reconnu, mis au point par voie de consensus entre experts du domaine, qui fournit des recommandations sur la conception ainsi que l'utilisation des systèmes, services, produits, etc.

2.2 Organisme de normalisation

C'est un organisme (groupe de personnes) dont le rôle est d'établir et maintenir des normes. Exemples d'organismes de normalisation qui interviennent dans le domaine de la technologie :

- **UIT_T** : Union Internationale de Télécommunication- secteur Télécommunication.
- **ISO** : International Standardization Organization.
- **IEEE** : Institute of Electrical and Electronics Engineers.
- **ANSI** : American National Standards Institute.
- **AFNOR** : Association Française de Normalisation.
- **IAB** : Internet Activities Board.

Dans le domaine des réseaux informatiques, on a établi une norme à suivre par tous les spécialistes, fabricants, sociétés, etc. du domaine. Cette norme est le **modèle en couches OSI**. Dans ce qui suit, nous allons présenter

l'idée du découpage en couche du processus de communication, et ensuite nous parlerons du modèle OSI développé à base de cette idée.

3 Modèle en couches

Pour bien comprendre le principe du découpage en couches, nous commençons par l'analyse de la communication entre deux personnes, ensuite nous faisons la projection sur la communication entre deux machines dans un réseau informatique.

Soit l'exemple de communication entre un **amiral** et un **capitaine**¹. L'amiral qui est au camp de commandement va donner un ordre au capitaine qui est au champ de bataille. La communication passe par **trois étapes** :

- 1) L'amiral donne l'ordre dans un message à l'agent de cryptage.
- 2) L'agent de cryptage encode le message en utilisant un code.
- 3) L'agent de transmission envoie le message encodé en utilisant le code de morse.

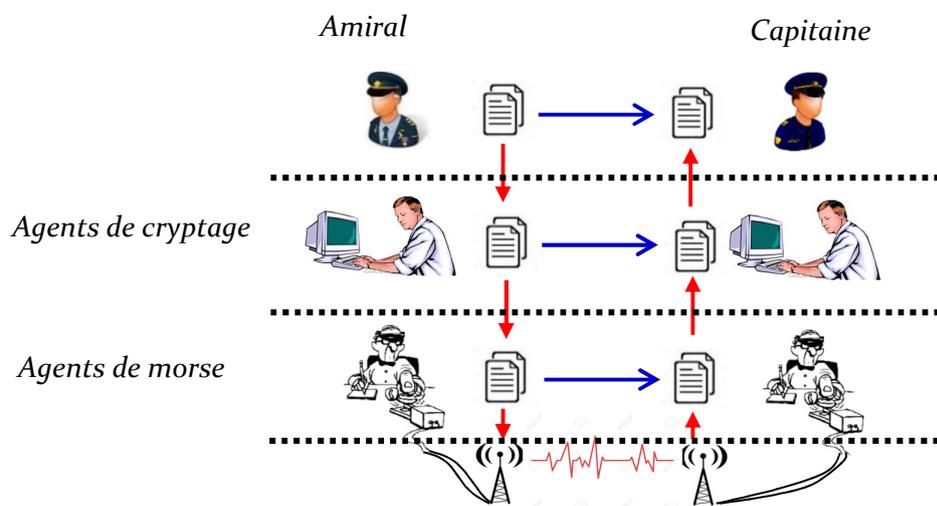


Figure 17. Principe de découpage en couches

Le processus de communication peut être décomposé en **trois niveaux (couches)** de bas en haut :

1. Couche 3 : le commandement.
2. Couche 2 : le cryptage.
3. Couche 1 : la transmission par code de morse.

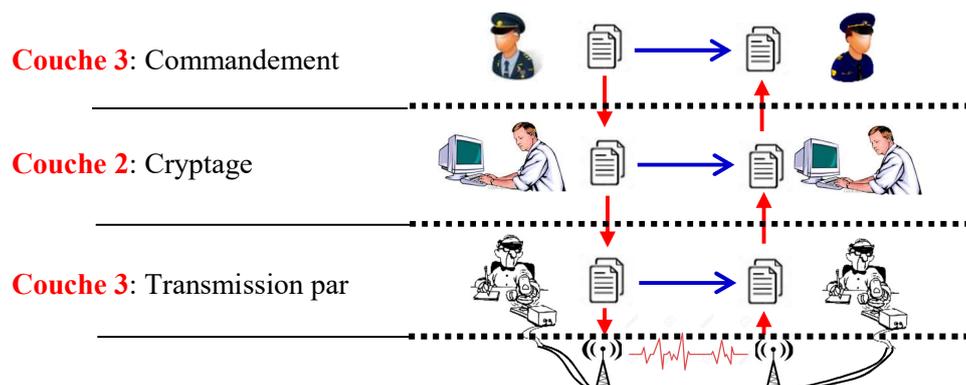


Figure 18. Découpage de la communication entre amiral et capitaine en trois couches

¹ Cet exemple est inspiré des slides du support de cours du Dr. Stephan Robert (<http://www.stephan-robert.ch>)

3.1 **Communication horizontale**

Admettons les définitions suivantes :

- **Entité d'une couche** : c'est un élément actif de la couche. Par exemple : l'amiral, le capitaine, l'agent de cryptage, etc.
- **Entités paires (ou homologues)** : ce sont les entités de la même couche. Par exemple : {amiral, capitaine}.

On peut bien remarquer que la communication se fait entre entités homologues, dans le sens où :

- L'**amiral** transmet ses ordres au **capitaine**.
- Les **officiers de cryptage** échangent des messages cryptés.
- Les **officiers radio** communiquent par morse.

Cela veut dire que l'amiral n'envoie pas d'ordre ni à son agent de cryptage ni à celui du capitaine, aussi il ne l'envoie pas aux agents de morse, mais plutôt il l'envoie au capitaine. Pareil pour l'agent de cryptage, il n'attend pas que le capitaine ou l'agent de morse en réception peut comprendre son message crypté, mais il le communique à un agent de cryptage qui sait le décrypter. Aussi, l'agent de morse communique le signal morse du message à l'agent de morse à la réception qui peut le lire. Donc, ce sont les entités paires qui communiquent entre elles.

Maintenant considérons le scénario suivant : l'amiral donne l'ordre suivant au capitaine : « annulez le plan A et procédez au plan B », seul l'amiral et le capitaine peuvent le comprendre car ils sont les seuls à savoir c'est quoi le plan A et le plan B. Donc, ni l'agent de cryptage ni l'agent de transmission ne comprend l'ordre. Aussi l'agent de cryptage quand il encrypte le message il le communique avec l'agent de cryptage homologue, car il utilise une clé que seule l'agent de cryptage homologue le sait et ainsi peut décrypter le message, ni le capitaine ni l'agent de transmission ne peut le décrypter. Idem pour le signal de morse, seuls les agents de morse qui possèdent l'équipement nécessaire peuvent le lire.

Donc, pour que les entités paires puissent se comprendre elles doivent parler le même « langage », on dit qu'elles utilisent *un protocole*.

Protocole : C'est un ensemble de règles et conventions utilisées lors de la communication entre entités paires.

Dans notre exemple, le protocole utilisé entre les entités de la :

- Couche 3, à savoir l'amiral et le capitaine est « le plan A et B ».
- Couche 2, à savoir les agents de cryptage est « la clé de cryptage ».
- Couche 1, à savoir les agents de morse est le code de morse.

La communication entre les entités homologues est appelée *communication horizontale*.

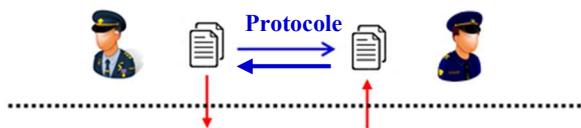


Figure 19. Communication horizontale.

3.2 Communication verticale

La communication horizontale est *virtuelle* car :

- Aucun message ne passe directement d'une entité à son homologue.
- Le chemin réel emprunté par les données traverse les différentes couches.

En effet, pour envoyer son ordre au capitaine, l'amiral doit le transmettre à l'agent de cryptage qui le transmet à son tour à l'agent de morse pour qu'il puisse enfin atteindre le champ de bataille (où il se trouve le capitaine).

Le chemin traversé passe par les couches adjacentes.

Donc pour assurer une communication entre entités homologues ce sont les *entités de couches adjacentes* qui communiquent *réellement*. Cette communication est appelée *Communication verticale*.

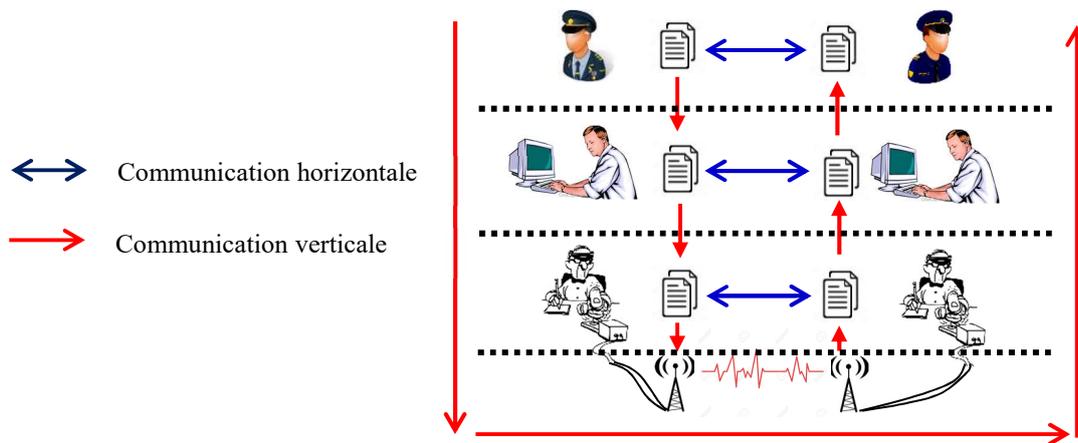


Figure 20. Communication verticale

3.3 Point d'accès au service

On remarque que chacune des couches réalise un *service* bien défini. Ce service est utilisé par d'autres couches, et elle à son tour utilise des services réalisés par d'autres couche. On dit qu'une couche est :

- Le *fournisseur de service* pour la couche immédiatement supérieure.
- L'*utilisateur de service* de la couche immédiatement inférieure.

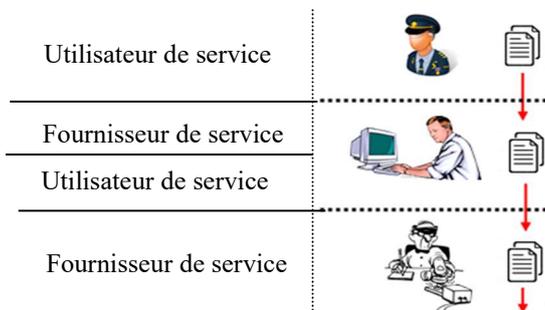


Figure 21. Fournisseurs/Utilisateurs de services

Dans notre exemple, l'agent de cryptage rend un service à l'amiral en cryptant son message, sans quoi le message ne soit pas sécurisé. Donc, on dit que l'agent de cryptage est le fournisseur de service, tandis que l'amiral est le consommateur de service.

Une entité d'une couche peut être connectée à plusieurs entités des couches adjacentes. Lors de la communication, l'entité doit indiquer l'entité cible. Deux entités de couches adjacentes communiquent à travers ce qu'on appelle des *Point d'accès au service (SAP)*.

- *SAP (Service Access Point)* : c'est une liaison entre deux entités de couches adjacentes.

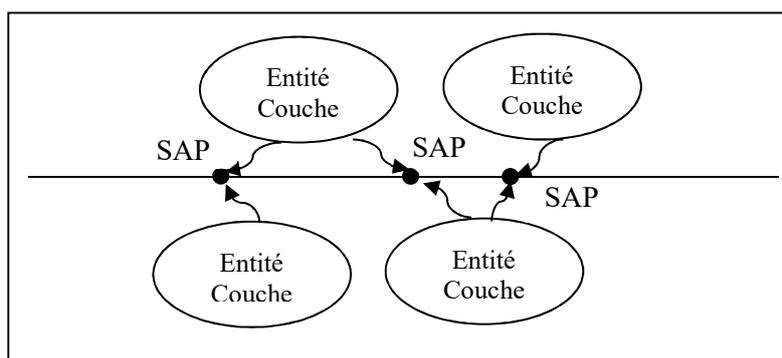


Figure 22. Point d'accès aux services (SAP)

En conclusion, pour définir la communication entre une machine source et une autre de destination dans un réseau informatique on utilise la même méthode de subdivision en couches. C'est en se basant sur ce principe de découpage en couches que le modèle OSI a été développé.

Important. En informatique, le principe de subdivision en des modules plus simple est le principe appliqué dans presque tous les cas où on a affaire à un processus complexe. Il est inspiré du principe « diviser pour mieux régner » qui consiste à découper un problème complexe en de sous problèmes moins complexes, et dont la résolution garanti la résolution du problème original (bien sûr avec prise en considération de quelques conditions comme par exemple s'il y a une relation entre les sous problèmes ou non). C'est exactement le même principe appliqué ici dans le cas des réseaux, où les modules sont appelés « couches ». Aussi, c'est le même principe appliqué à la « Programmation », où on procède au découpage modulaire d'un problème avant d'entamer la programmation (vu en 1^{er} année). Ce découpage assure une réutilisation des procédures et fonctions et facilité la résolution du problème, avec le produit final est un programme bien structuré et facile à comprendre. Pour connaître l'avantage de ce principe de découpage dans le cas des réseaux aller à la *Section 6.1* (avantage du modèle OSI).

4 Modèle de référence OSI

Le modèle OSI pour « *Open Systems Interconnection* » est un ensemble de règles applicable de façon générale à tous les réseaux. Il a été élaboré par ISO (International Standardization Organization) en 1978. Il est constitué de sept couches (voir *Figure 23*).

Ainsi, selon le modèle OSI, le processus de communication, qui est un processus complexe, comprend plusieurs procédures regroupées en sept couches. Pour comprendre ce processus il faut comprendre chacune de ses procédures ainsi que la liaison entre elles.

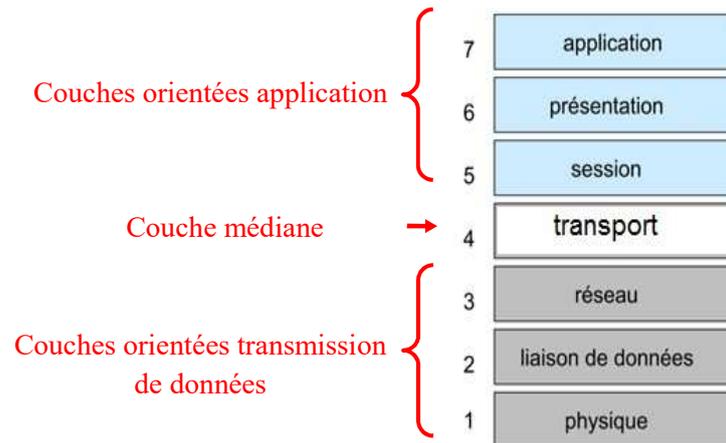


Figure 23. Modèle OSI

Une communication entre deux équipements terminaux T1 et T2 est schématisée ainsi :

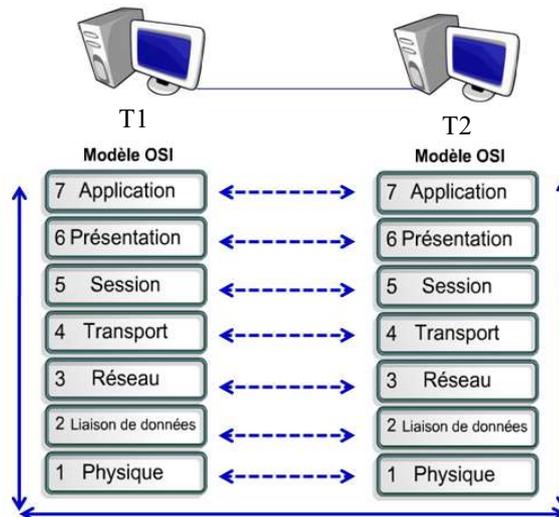


Figure 24. Communication entre deux ordinateurs selon OSI

4.1 Définitions et termes techniques

- **Système ouvert** : c'est un système qui peut être interconnecté avec d'autres systèmes, et il respecte les règles de coopération avec les autres systèmes (norme).

- **La couche** : un ensemble de fonctionnalités particulières. Chaque couche utilise les fonctionnalités de la couche inférieure et fournit ses fonctionnalités à la couche supérieure sous forme de services.
- **Le service** : c'est un ensemble de fonctionnalités possédées par la couche N et fournit aux entités de la couche N+1 à l'interface N/N+1.
- **Entité** : c'est un élément actif d'une couche. Elle peut être une entité logicielle (ex. un processus) ou matérielle (ex. une puce électronique).
- **Protocole** : c'est une description formelle d'un ensemble de règles et de conventions qui régissent la façon dont les équipements communiquent sur un réseau à savoir comment :
 - Est construit le réseau physique.
 - Les données sont formatées pour la transmission.
 - Ces données sont envoyées.

4.2 Communication entre couches

Lors de la communication entre deux machines un acheminement des données de la machine source vers la machine de destination est assuré. Chaque couche N du modèle OSI de la machine source n'échange logiquement ses informations qu'avec la couche N de la machine destination (**communication entre couches homologues**). Pour cela, chaque couche communique avec sa couche sous-jacente dans la même machine (**communication entre couches adjacentes**).

- Les règles et conventions utilisées pour assurer la *communication entre couches homologues* sont appelées *Protocole de couche N*.
- Le principe utilisé pour assurer la *communication entre couches adjacentes* est appelé *Principe d'encapsulation*.

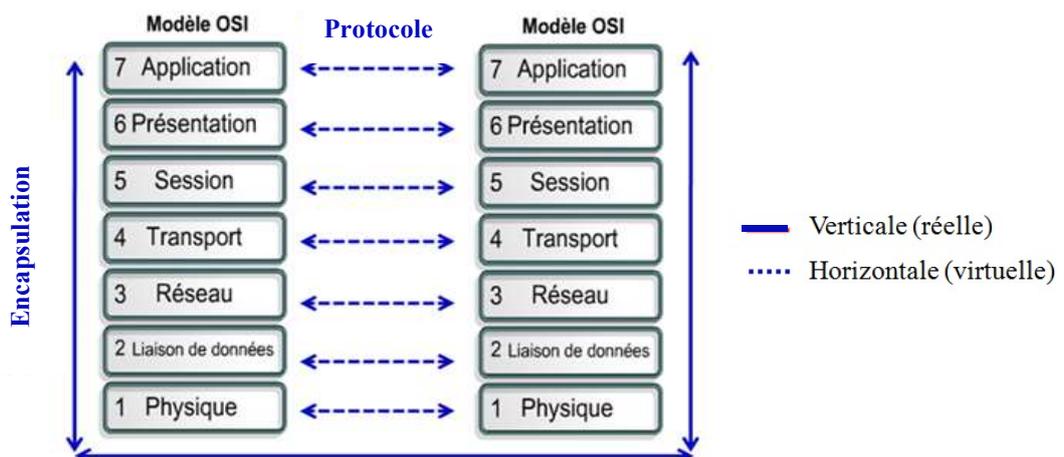


Figure 25. Communication par protocole (horizontale) et par encapsulation (verticale)

4.3 Encapsulation

L'encapsulation est le principe de communication dans le modèle OSI. C'est un mécanisme d'emboîtement des messages les uns dans les autres qui se déroule ainsi :

- Les données traversent *toutes les couches* (Application → physique) de la machine source. A chaque couche *N*, *le protocole* de la couche ajoute aux données qu'il a reçues de la couche supérieure des *informations relatives au protocole* ; des en-têtes, des en-queues et d'autres informations et puis les transmettent à la couche inférieure. On dit que les données de la couche supérieure sont *encapsulées* dans les données de la couche *N*.
- A la destination, les données traversent *toutes les couches* (physique → Application) et l'opération est effectuée à rebours. *Le protocole* de chaque couche de destination *rétablit la forme originale des données*.

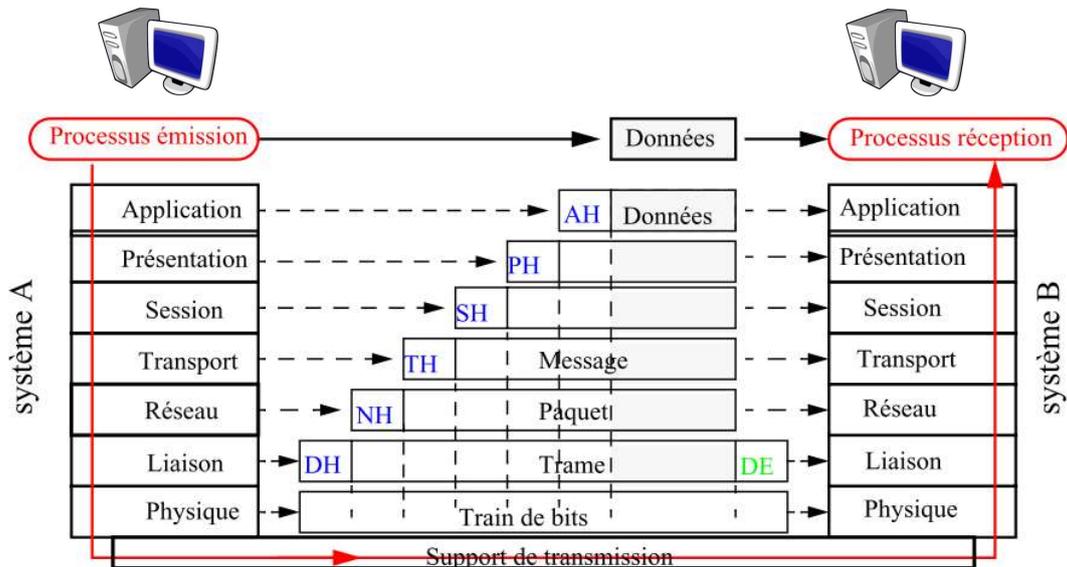


Figure 26. Principe d'encapsulation

4.4 Echange entre les couches

L'échange entre les couches selon le principe d'encapsulation se résume ainsi (voir Figure 27) :

- La couche **N** communique seulement avec la couche **N-1** et **N+1** si elles existent.
- Chaque couche **N** fournit des services à la couche supérieure **N+1** et utilise les services de la couche précédente **N-1**.
- Les services d'une couche **N** sont accessibles via l'**interface N/N+1** par des **points d'accès aux services SAP** (Service Access Point).
- Chaque **SAP** est identifié par une adresse unique.
- L'entité de la couche **N+1** donne à l'entité de la couche **N** une **unité de données d'interface IDU** (Interface Data Unit) via le SAP.
- L'**IDU** est constitué de deux éléments :
 - Une **unité de données de service, SDU** pour *Service Data Unit* (l'information échangée).
 - Certaines **informations de contrôle, ICI** pour *Interface Control Information*.
- L'entité de la couche **N** ajoute des **informations de contrôle de protocole PCI** (Protocol Control Information) dans l'en-tête du **SDU** à transmettre.
- Le tout est envoyé comme **unité de données de protocole PDU** (Protocol Data Unit).

- Ce **PDU** devient alors le **SDU** de la couche N qui sera transmis à la couche N-1 via le SAP.

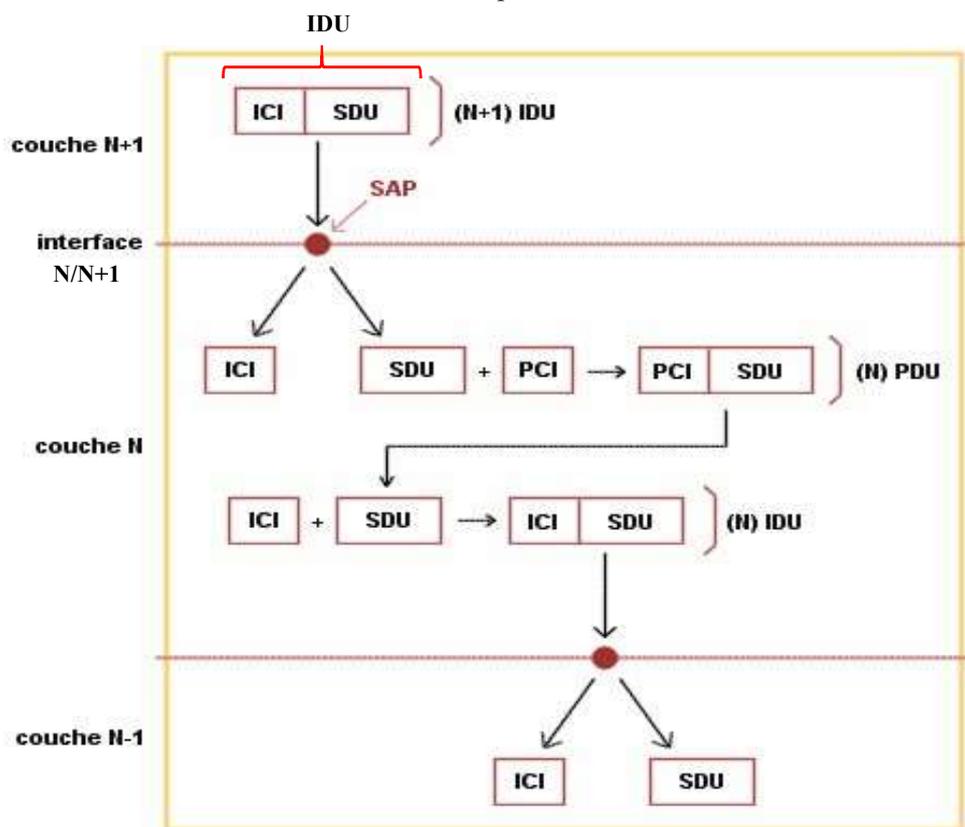


Figure 27. Echange entre couches adjacentes

4.5 Rôles de différentes couches

Chaque couche est un regroupement d'un ensemble de fonctionnalités. Donc chaque couche peut assurer plusieurs fonctionnalités mais généralement elle est distinguée par quelques une principales. Pour chacune des couches, on met l'accent sur les fonctions principales.

4.5.1 Couche Physique (Physical Layer)

La fonction principale de cette couche est la transmission de bits sous forme de signaux (forme physique) sur un canal de communication. Elle s'occupe de :

- La représentation de 0 et de 1, i.e. sous quelle forme physique on représente 0 et 1 (ex. en utilisant des voltages différents).
- La spécification de la fonction de chacun des pines d'une **interface mécanique** ou **électrique** (généralement les connecteurs des cartes réseaux). Par exemple, quel type de transmission utilisée Half duplex, Full duplex, etc.
- L'établissement, la maintenance et la libération des connexions entre un ETTD et un ETCD (voir chapitre 3).

4.5.2 Couche Liaison (Data Link layer)

Le rôle principal de la couche liaison est l'établissement d'une liaison fiable avec l'équipement directement connecté dans le réseau. Pour ce faire, la couche liaison assure :

- Le contrôle d'erreurs de transmission de niveau liaison selon deux types de services :
 - **Service non fiable** (Typiquement sans connexion) : La couche ne fait que supprimer les trames erronées, et la correction des erreurs se fait ultérieurement (par la couche transport par exemple).
 - **Service fiable** (typiquement en mode connexion) : c'est la couche liaison elle-même qui s'occupe de la détection ainsi que la correction des erreurs, elle :
 - Corrige les trames erronées ou demande leur retransmission.
 - Supprime les trames dupliquées.
 - Gère les acquittements et le contrôle de flux.
- La structuration des données en trames, où la trame est un bloc de données regroupant un ensemble de champs bien définis. Cette structuration comprend :
 - L'ajout d'en-têtes et d'en-queues, qui permet entre autre, la reconnaissance des limites des trames (début et fin).
 - La numérotation de trames, ce qui assure une transmission en séquence, ou en cas de désordre (les trames n'arrivant pas selon ordre), elle facilite le ré-ordonnement des trames.
- Le contrôle d'accès au média physique dans le cas d'une liaison partagée. C'est la couche liaison qui s'occupe de la politique d'accès et de l'exécution du protocole d'accès.

N.B. Noter qu'au niveau « Liaison » on parle de réseaux locaux (LAN).

4.5.3 Couche Réseau (*Network layer*)

C'est la couche réseau qui assure l'interconnexion des réseaux hétérogènes, aussi bien que la gestion des sous-réseaux (les parties du réseau) constituant le réseau. Comme son nom l'indique, cette couche réalise les plus importantes fonctionnalités garantissant l'acheminement des données entre la source et la destination qui se trouvent dans des réseaux différents. Elle assure entre autres :

- La structuration de données en « paquets », qui est l'unité de données échangée entre réseaux.
- L'acheminement de paquets entre la source et le destinataire (Routage). Ceci implique d'assurer :
 - L'adressage des nœuds du réseau.
 - Le calcul des meilleurs chemins à emprunter pour arriver à destination.
- La gestion et l'organisation des sous réseaux d'un réseau.
- Le contrôle de congestion.
- Le calcul des informations nécessaires pour la facturation des clients.

N.B. La couche réseau est importante dans le cas des réseaux publics. Pour le cas des réseaux locaux son rôle est négligeable (les stations sont adjacentes).

4.5.4 Couche Transport (Transport layer)

La couche transport s'occupe de la transmission fiable (sans erreurs), et de manière efficace entre la source et la destination (de bout en bout) plutôt qu'entre deux équipements directement connectés, qui est le rôle de la couche liaison. Elle assure, comme la couche liaison, deux types de services :

- Service non fiable (sans connexion) avec seulement une élimination de paquets erronés.
- Service fiable (orienté connexion) avec :
 - Détection et correction d'erreurs (bout en bout)
 - Délivrance dans l'ordre de l'émission.
 - Contrôle de flux entre les terminaux.

Elle assure aussi la structuration de données en messages.

4.5.5 Couche Session (Session layer)

Une *session* est une connexion avec des services évolués, comme par exemple la synchronisation et rattrapage d'erreurs, entre deux applications qui dialoguent et qui se situent dans deux systèmes terminaux. Le rôle de la couche session est la mise en place et le contrôle de ce dialogue entre les applications distantes. Elle veille à :

- L'établissement des connexions réseau (demande de connexion et puis confirmation ou refus).
- Le rétablissement d'une connexion de la couche 4 après une rupture, et ceci de manière transparente pour l'utilisateur.
- L'insertion périodique de points de reprise pendant la session (ex. dans la transmission de fichiers de grande taille).
- La reprise de l'opération au dernier point de reprise.

4.5.6 Couche Présentation (Presentation layer)

Cette couche s'occupe de la gestion de la syntaxe des données transmises avec prise en considération des différences de syntaxes entre les équipements communicants. Pour ce faire, c'est elle qui assure la :

- Négociation de la syntaxe de transfert – ASCII, Unicode, entiers sur 16 ou 32 bits, etc.
- Conversion entre la représentation utilisée par les terminaux et la syntaxe utilisée pour le transfert de données.

4.5.7 Couche Application (Application layer)

La couche application comporte les différentes fonctionnalités qui assurent l'exploitation des services du réseau. Par exemple :

- Le terminal virtuel pour le travail à distance.
- Le transfert de fichiers.
- La transmission de pages Web.
- L'interrogation des bases de données.
- La messagerie électronique.

N.B. Noter que la couche application n'est qu'un regroupement des différentes applications qui permettent aux utilisateurs d'exploiter les différents services réseaux. Cette couche constitue donc une Interface entre l'utilisateur et le réseau.

5 Fonctionnalité de relayage

Dans le modèle OSI, les fonctionnalités de relayage de PDU sont fournies par les couches orientées transmission (voir Figure 28). Ainsi, les équipements *intermédiaires* n'implémentent que les fonctionnalités des trois premières couches (orientées transmission).

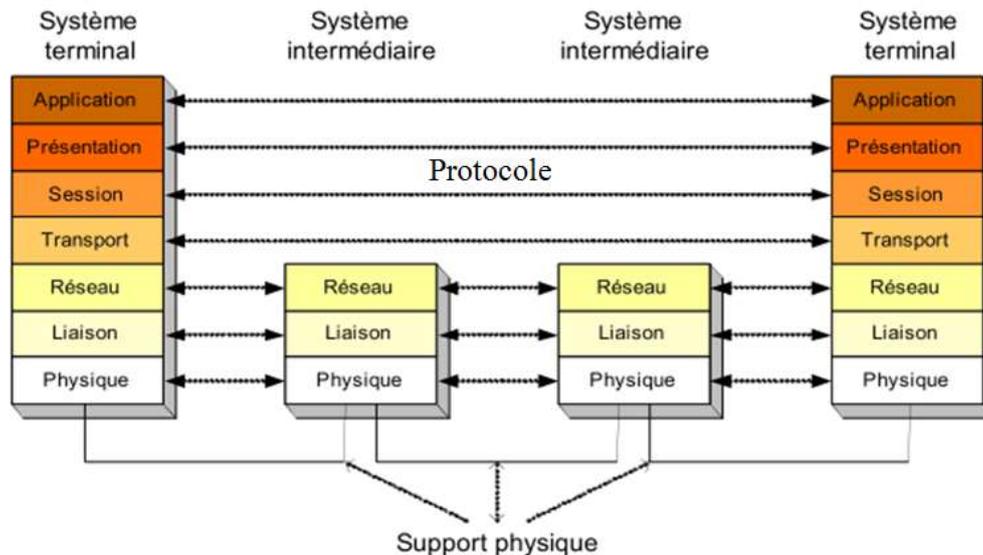


Figure 28. La fonctionnalité de relayage

6 Caractéristiques du modèle OSI

Le modèle OSI constitue un modèle de référence pour la conception et le développement de logiciels de réseaux, ainsi qu'un outil d'analyse de logiciels réseau déjà mise en œuvre. Comme tout autre modèle, il a des points forts et des points faibles.

6.1 Avantages

Parmi les avantages du modèle OSI :

- ✓ La mise en place d'un modèle de référence qui résout le problème de l'incompatibilité des réseaux, où il assure l'interopérabilité des différentes technologies, ce qui aide à créer des réseaux compatibles et interopérables.
- ✓ La réduction de la complexité en facilitant la conception modulaire.
- ✓ La simplicité de l'enseignement et l'acquisition des connaissances. Il est considéré comme le meilleur outil disponible pour décrire le processus de communication entre machines.

6.2 Faiblesses

Parmi les faiblesses du modèle OSI, on a :

- Le choix des couches dans le découpage n'est pas optimal. Par exemple :
 - Les couches 2 et 3 sont très pleines par rapport aux couches 5 et 6.
 - La création des couches 5 et 6 est presque inutile où leurs fonctionnalités peuvent être attribuées à d'autres couches.
 - Il y a une répétition de certaines fonctionnalités sur différentes couches.
- Son découpage est peu pratique et ses protocoles sont sans implémentation efficace.

Le modèle OSI est un modèle de référence théorique. En pratique, on trouve la pile protocolaire TCP/IP.

7 La pile protocolaire TCP/IP

Le modèle TCP/IP a été développé à l'origine dans un but militaire en 1974. Il est le successeur d'ARPANET. Son appellation provient des noms de ses deux protocoles majeurs, à savoir TCP, pour *Transmission Control Protocol* et IP pour *Internet Protocol* :

- Il est le modèle de communication sur internet.
- Il n'est pas seulement un standard (représentant la façon dont les communications s'effectuent sur un réseau), mais c'est aussi une implémentation de différents protocoles et logiciels de communication réseau.
- Il a une architecture souple, appropriée à des applications très différentes.
- Il assure l'interconnexion des réseaux hétérogènes de manière transparente (internet).
- Il a une grande tolérance aux pannes.

TCP/IP lui aussi est un modèle en couche et il s'inspire du modèle OSI. Il contient 4 couches : Application, Transport, Internet et Accès réseau.

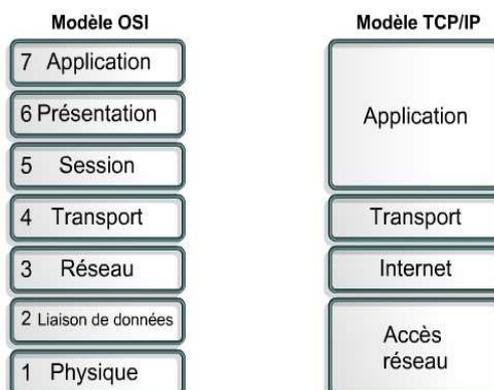


Figure 29. Le modèle TCP/IP

7.1 Couches du modèle TCP/IP

7.1.1 Couche Hôte-Réseau (Host-to-network layer)

Cette couche constitue l'interface d'accès au réseau LAN connectés au réseau internet. Ces réseaux LAN sont généralement de différentes technologies. Cette couche permet l'envoi et le transfert d'un paquet IP d'une manière transparente par rapport à la technologie du réseau LAN auquel il appartient ou par laquelle il passe, et qui peut être : Ethernet, Token ring, ATM, etc. Ainsi, elle assure une **indépendance** des technologies des sous-réseaux.

La couche hôte-réseau contient les détails des couches physique et liaison de données du modèle OSI.

7.1.2 Couche Internet

C'est la couche Internet qui assure l'**interconnexion** des réseaux. Elle est équivalente à la couche « Réseau » du modèle OSI, et comporte les mêmes fonctionnalités à savoir :

- La structuration des données en paquets.
- L'adressage (IP) des équipements du réseau.
- L'acheminement de données de la source à la destination à travers plusieurs sous réseaux **hétérogènes**, avec détermination du meilleur chemin (routage).

Les protocoles de cette couche sont :

- IP (Internet Protocol).
- Les algorithmes de routage (OSPF, RIP, BGP, etc.).

7.1.3 Couche Transport

Cette couche est équivalente à la couche « Transport » du modèle OSI. Elle assure une communication de bout en bout selon deux types de services :

- **Orientée connexion**. Ce type de service est assurée par le protocole **TCP** (Transmission Control Protocol). Il assure :
 - Une transmission fiable avec garantie de la délivrance ainsi que de l'ordre des paquets.
 - Un contrôle de flux de bout en bout.
- **Sans connexion**. Le service sans connexion est assuré par le protocole **UDP** (User Datagram Protocol). Il assure une transmission **non fiable et sans contrôle de flux**.

Le protocole TCP (service orienté connexion) est utilisé pour le transfert de fichiers, pages web, etc. tandis que le protocole UDP est utilisé pour les applications multimédia (streaming).

7.1.4 Couche Application

Cette couche regroupe tous les protocoles utilisés pour exploiter les différents services réseaux, à savoir : le transfert de fichier (FTP et TFTP), la messagerie électronique (SMTP), le contrôle à distance (Telnet), etc.

- FTP → File Transfer Protocol
- HTTP → HyperText Transfer Protocol
- SMTP → Simple Mail Transfer Protocol
- DNS → Domain Name System
- TFTP → Trivial File Transfer Protocol

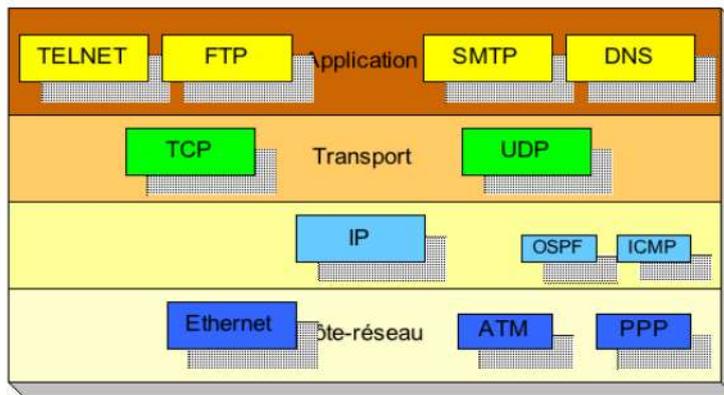


Figure 30. Protocoles des différentes couches dans TCP/IP

8 Relayage dans TCP/IP

Dans le modèle TCP/IP, les équipements intermédiaires implémentent les couches : [Accès réseau](#) et [Internet](#).

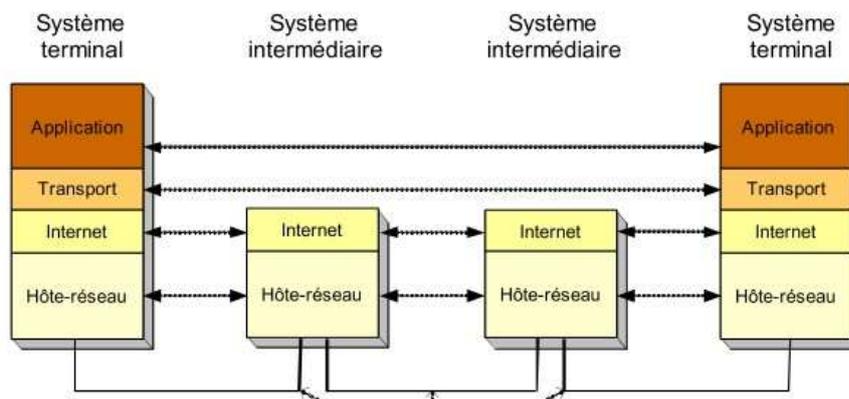


Figure 31. Fonctions des nœuds intermédiaires dans TCP/IP

9 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons étudié le modèle OSI qui modélise en détail le fonctionnement d'un réseau. Ce modèle repose, comme la plupart des modèles qui existent, sur le découpage de la fonction principale du réseau, à savoir la communication des différents équipements et qui est un processus compliqué, en des modules ou des procédures plus simple. Nous avons aussi présenté les principaux rôles de chaque module ainsi que les différents protocoles (programmes) qui les assurent. Etant donné que le modèle OSI est un modèle théorique et qu'en pratique le modèle qui existe et le TCP/IP, qui lui aussi repose sur le découpage en des couches, nous avons aussi l'étudier tout en présentant les différents détails sur chacune des couches de ce modèle.