



UNIVERSITÉ HASSIBA BENBOUALI DE CHLEF  
FACULTÉ DE TECHNOLOGIE  
DÉPARTEMENT D'ÉLECTRONIQUE

# Normes et Protocoles

DESTINÉ AUX ÉTUDIANTS DE  
**MASTER 1**  
FILIÈRE TÉLÉCOMMUNICATIONS

SPÉCIALITÉ : SYSTÈMES DES TÉLÉCOMMUNICATIONS

MR. BOUMEDIENE GUENAD  
MAÎTRE DE CONFÉRENCES A  
EMAIL: B.GUENAD@UNIV-CHLEF.DZ

December 3, 2024

---

# PRÉFACE

Je tiens à exprimer ma sincère gratitude envers tous mes collègues du département d'électronique de l'Université de Chlef pour leur soutien et leurs contributions.

Ce polycopié accompagne le cours de Normes et Protocoles destiné aux étudiants de première année de Master en Télécommunication, spécialité Systèmes de Télécommunications, au sein de la faculté de Technologie de l'Université de Chlef. Responsable de ce cours depuis 2017, j'ai conçu ce support pour offrir aux étudiants des bases solides et des connaissances actualisées afin qu'ils acquièrent une compréhension approfondie des Normes et Protocoles.

**Avertissement** : ce polycopié se compose essentiellement de notes de cours, sans prétention d'exhaustivité ou d'originalité. Il s'inspire largement des ouvrages cités en bibliographie.

Ce document ne retranscrit pas intégralement le contenu du cours. Certains aspects abordés en classe peuvent ne pas y figurer, et, inversement, ce polycopié peut contenir des informations supplémentaires qui ne seront que brièvement abordées en cours.

Des ressources complémentaires sont également mises à disposition des étudiants pour approfondir leurs connaissances dans le domaine des Normes et Protocoles.

---

# TABLE DES MATIÈRES

<b>Préface</b>	<b>2</b>
<b>Table des matières</b>	<b>3</b>
<b>Tableaux des figures</b>	<b>6</b>
<b>Liste des tableaux</b>	<b>7</b>
<b>1 Chapitre 1:Notions fondamentales</b>	<b>8</b>
1 Institutions de normalisation en télécommunication (ITU, CEI, OSI, IEEE)	9
1.1 Union Internationale des Télécommunications (UIT)	9
1.2 Commission Électrotechnique Internationale (CEI)	10
1.3 Organisation Internationale de Normalisation (ISO)	10
1.4 Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)	11
1.5 Institut Algérien de Normalisation IANOR	12
2 Historique et Évolution des Organisations de Normalisation en Télécommunications	13
2.1 Historique et Union Internationale des Télécommunications (UIT)	13
2.2 Historique Commission Électrotechnique Internationale (CEI)	14
2.3 Évolution Historique Commission Électrotechnique Internationale (CEI)	14
2.4 Historique Organisation Internationale de Normalisation (ISO)	14
2.5 Évolution Internationale de Normalisation (ISO)	14
2.6 Historique Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)	14
3 Les Standards en Télécommunications	15
3.1 Élaboration et Adoption des Standards en Télécoms	15
3.2 Types de Standards en Télécoms : Ouverts et Fermés	16
3.3 Importance des Standards en Télécommunications	17
4 Recommandation	17
4.1 Importance des Recommandations	17
4.2 Exemples de Recommandations	17
4.3 Différence entre Recommandation, Norme et Protocole en Télécommunications	18
5 Rôle d'un Protocole en Télécommunications	19
6 Les standards et recommandations en télécommunication	21
6.1 Les Normes	21

6.2	Les Standards . . . . .	21
6.3	Les Recommandations . . . . .	21
6.4	Les Protocoles . . . . .	21
7	Rôle d'un protocole . . . . .	22
8	Structure de l'Union Internationale des Télécommunications . . . . .	23
9	Fonctions et structures de l'UIT . . . . .	23
9.1	Fonctions et structures de l'UIT . . . . .	23
9.2	L'Assemblée Générale de l'UIT . . . . .	24
9.3	Le Conseil de l'UIT . . . . .	24
9.4	Le Bureau de l'UIT . . . . .	24
9.5	Les Secteurs Spécialisés de l'UIT . . . . .	24
<b>2</b>	<b>Chapitre 2: Normes associées à la diffusion analogique et Numérique</b>	<b>27</b>
1	Normes audio à la diffusion analogique . . . . .	28
2	Normes vidéo à la diffusion analogique . . . . .	29
2.1	Normes Audio et Vidéo Analogiques en Algérie . . . . .	30
2.2	Comparatif des Normes Audio et Vidéo Analogiques . . . . .	31
2.3	Résumé des Standards Normes Audio et Vidéo Analogiques : Recommandations UIT-R . . . . .	32
3	Normes audio Numérique . . . . .	34
3.1	Compression Audio Numérique . . . . .	34
3.2	Avantages des Normes Audio Numériques . . . . .	36
4	Principales Recommandations UIT-R pour Normes audio . . . . .	36
5	Normes vidéo Numérique . . . . .	38
6	Standards de Diffusion Numérique . . . . .	38
6.1	résumé les caractéristiques des différents standards de télévision. . . . .	41
6.2	Résumé des Standards Normes Audio et Vidéo Numérique : Recommandations UIT-R . . . . .	42
6.3	Comparatif des Normes Audio et Vidéo numérique . . . . .	44
<b>3</b>	<b>Chapitre 3: Normes associées aux réseaux de communication Numérique</b>	<b>46</b>
1	Introduction . . . . .	47
2	Classifications des réseaux de communication. . . . .	47
2.1	Selon la portée géographique . . . . .	47
2.2	Selon l'architecture . . . . .	49
2.3	Selon le mode de transmission . . . . .	50
2.4	Selon l'usage . . . . .	51
2.5	Selon la topologie . . . . .	52
3	Réseaux et normalisation. . . . .	53
4	Historique et évolution des réseaux. . . . .	54
5	Réseau numérique à intégration de services . . . . .	54
5.1	L'évolution des accès avec le concept RNIS . . . . .	54
5.2	Normes et Recommandations sur le RNIS . . . . .	55
6	Rappels sur les modèles OSI et TCP/IP . . . . .	58
7	Les différents protocoles de niveaux trame et paquet. . . . .	60

7.1	les protocoles de niveaux trame. . . . .	60
7.2	Les protocoles de paquet. . . . .	61
8	Rôle et fonctions d'un protocole de liaison . . . . .	63
9	Les différents protocoles de niveaux segment . . . . .	63
10	Les protocoles de niveaux message. . . . .	63
10.1	Les protocoles de la couche transport. . . . .	64
11	Les protocoles de l'ADSL. . . . .	64
<b>4</b>	<b>Chapitre 4: Les protocoles des réseaux sans fil et des réseaux mobiles</b>	<b>65</b>
1	Les protocoles 802.11. . . . .	66
1.1	Introduction . . . . .	66
1.2	Les principales normes IEEE . . . . .	67
1.3	Comparaison des normes IEEE 802 . . . . .	67
1.4	Wi-Fi (IEEE 802.11) . . . . .	70
2	Les protocoles 802.15 . . . . .	71
3	Les protocoles 802.16 . . . . .	71
4	Les protocoles GSM . . . . .	73
5	Les protocoles 3G (UMTS) . . . . .	74
5.1	1G - NMT (Nordic Mobile Telephone) . . . . .	74
5.2	2G - GSM (Global System for Mobile Communications) . . . . .	75
5.3	2.5G – GPRS (General Packet Radio Service) . . . . .	76
5.4	2.75G – EDGE (Enhanced Data for GSM Evolution) . . . . .	77
6	3G – UMTS (Universal Mobile Telecommunication System) . . . . .	77
7	4G – LTE (Long Term Evolution) . . . . .	78
7.1	5G – Fifth Generation Mobile Network . . . . .	79
<b>5</b>	<b>Chapitre 5 : Les protocoles Internet</b>	<b>81</b>
1	Internet (Historique et évolution.) . . . . .	82
1.1	introduction . . . . .	82
1.2	L'ENIAC et l'Évolution de l'Informatique . . . . .	82
1.3	Historique introduction . . . . .	84
2	Classification des protocoles Internet . . . . .	86
2.1	introduction . . . . .	86
2.2	Les grandes étapes de l'histoire des réseaux et de l'informatique . . . . .	87
3	Classification des protocoles Internet . . . . .	88
3.1	Principaux protocoles et applications de TCP/IP: . . . . .	88
4	Protocoles des services de messagerie (SMTP, POP, IMAP) . . . . .	90
4.1	SMTP (Simple Mail Transport Protocol) . . . . .	90
4.2	POP(Post Office Protocol) . . . . .	92
4.3	IMAP .(Internet Message Access Protocol) . . . . .	94
5	Protocoles des services d'information . . . . .	94
	<b>Bibliographie</b>	<b>98</b>

---

# TABLEAUX DES FIGURES

1.1	Structure de l'Union Internationale des Télécommunications . . . . .	25
3.1	De l'analogique au numérique. . . . .	56
3.2	L'évolution des accès avec le concept RNIS . . . . .	56
3.3	La correspondance entre les normes ISO et IEEE. . . . .	60
3.4	L'encapsulation des données dans le modèle OSI. . . . .	62
4.1	Les différents réseaux sans fil . . . . .	67
4.2	Principales normes des réseaux sans fil . . . . .	68
4.3	Modèle IEEE des réseaux locaux (IEEE 802) . . . . .	70
4.4	Réseau UMTS . . . . .	75
5.1	Les protocoles et les applications de TCP/IP. . . . .	90
5.2	Le modèle OSI et l'architecture TCP/IP . . . . .	95
5.3	Les protocoles et les applications de TCP/IP. . . . .	96

---

# LISTE DES TABLEAUX

1.1	Tableau de comparaison des institutions de normalisation . . . . .	12
1.2	Résumé des Différences . . . . .	19
1.3	Tableau des principaux protocoles de télécommunication . . . . .	20
1.4	Comparaison des Standards, Recommandations, Normes et Protocoles en Télécommunications . . . . .	23
1.5	Comparaison des Institutions de Normalisation en Télécommunications . . . . .	26
2.1	Tableau des normes audio analogiques avec nuances de gris . . . . .	29
2.2	Comparatif des principales normes vidéo analogiques . . . . .	30
2.3	Comparatif des Normes Audio et Vidéo Analogiques en Algérie . . . . .	31
2.4	Comparaison des normes DVB, ATSC, ISDB et NICAM . . . . .	40
2.5	Formats vidéo standards selon la norme CCIR 601. . . . .	42
2.6	Comparatif des Normes Audio et Vidéo Numérique . . . . .	45
3.1	Catégories de réseaux informatiques selon leur portée . . . . .	48
3.2	Catégories de réseaux informatiques selon leur architecture . . . . .	49
3.3	Catégories de réseaux selon le mode de transmission . . . . .	50
3.4	Catégories de réseaux selon l'usage . . . . .	51
3.5	Catégories de réseaux selon la topologie . . . . .	52
3.6	Les étapes clés du développement du réseau Internet. . . . .	55
3.7	Correspondance entre le modèle ISO/OSI et les normes IEEE. . . . .	59
3.8	Comparaison des couches entre le modèle OSI et TCP/IP . . . . .	59
4.1	Comparaison des principales normes IEEE 802 . . . . .	69
4.2	Normes WLAN, leur débit théorique et leur portée maximale. . . . .	71
4.3	Normes WPAN : débit théorique et portée maximale. . . . .	72
4.4	Comparaison des protocoles 802.11, 802.15 et 802.16 avec débit et portée . . . . .	73
5.1	Résumé des événements marquants liés aux protocoles de communication et à l'informatique . . . . .	86
5.2	Caractéristiques du protocole SMTP . . . . .	91
5.3	Caractéristiques du protocole POP3 . . . . .	93

---

---

# CHAPTER 1

---

## CHAPITRE 1:NOTIONS FONDAMENTALES

1	Institutions de normalisation en télécommunication (ITU, CEI, OSI, IEEE . . . . .	9
2	Historique et Évolution des Organisations de Normalisation en Télécommunications .	13
3	Les Standards en Télécommunications . . . . .	15
4	Recommandation . . . . .	17
5	Rôle d'un Protocole en Télécommunications . . . . .	19
6	Les standards et recommandations en télécommunication	21
7	Rôle d'un protocole . . . . .	22
8	Structure de l'Union Internationale des Télécommunications	23
9	Fonctions et structures de l'UIT	23

Les télécommunications occupent une place centrale dans la connectivité moderne. Pour en comprendre pleinement le fonctionnement, il est essentiel de maîtriser les notions fondamentales qui structurent ce domaine. Ce chapitre débute par une introduction aux concepts clés des réseaux de télécommunication. Nous explorerons ensuite le rôle des institutions de normalisation, responsables de l'élaboration des standards indispensables au bon fonctionnement des technologies de communication. Un regard sur l'histoire et l'évolution des systèmes de communication permettra de retracer les grandes étapes qui ont façonné ce secteur dynamique. Nous étudierons également les standards et recommandations en télécommunication, nécessaires pour garantir l'interopérabilité entre les différents systèmes et acteurs à l'échelle mondiale. Enfin, nous mettrons en lumière le rôle des protocoles, qui jouent un rôle essentiel dans la gestion efficace des échanges de données à travers les réseaux.

# 1 Institutions de normalisation en télécommunication (ITU, CEI, OSI, IEEE)

La normalisation en télécommunications repose sur plusieurs institutions internationales et nationales qui créent des normes pour garantir l'interopérabilité, la compatibilité et la sécurité des réseaux et des technologies de communication. Voici un aperçu détaillé de l'historique, des objectifs et des rôles des principales institutions de normalisation en télécommunications : l'Union Internationale des Télécommunications (UIT), la Commission Électrotechnique Internationale (CEI), l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), et l'Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE).

## 1.1 Union Internationale des Télécommunications (UIT)

### Historique et Contexte

- **Fondation** : Créée en 1865 sous le nom d'Union Télégraphique Internationale, elle est devenue l'Union Internationale des Télécommunications en 1932.
- **Pays d'origine** : La conférence fondatrice a eu lieu à Paris, mais l'UIT a aujourd'hui son siège à Genève, Suisse.
- **Mission initiale** : Faciliter la coopération internationale en matière de télégraphie, puis de télécommunications en général.

### Fonctions et Contributions

- **Normes techniques** : Élabore des normes globales pour la téléphonie, la télévision, Internet et les réseaux de communication.
- **Réglementation** : Organise le spectre radioélectrique mondial et les orbites de satellites afin de prévenir les interférences entre pays.
- **Innovation** : A joué un rôle important dans le développement de la téléphonie mobile (par exemple, les normes 2G, 3G, 4G, 5G), et de l'Internet.

### Divisions principales

- **UIT-R** (Secteur des radiocommunications) : Concerne la gestion et l'attribution des fréquences radio.
- **UIT-T** (Secteur de la normalisation des télécommunications) : Publie des recommandations, par exemple pour le protocole G.711 pour la voix sur IP.
- **UIT-D** (Secteur du développement des télécommunications) : Favorise l'égalité d'accès aux technologies de télécommunication dans les pays en développement.

## 1.2 Commission Électrotechnique Internationale (CEI)

### Historique et Contexte

- **Fondation** : Créée en 1906 à Londres, mais actuellement basée à Genève, en Suisse.
- **Pays d'origine** : Elle a été fondée dans un contexte de révolution industrielle où l'électricité devenait un enjeu majeur, et plusieurs pays européens ont contribué à sa fondation.
- **Mission initiale** : Développer des normes pour les équipements électriques, à une époque où il y avait une grande diversité de standards incompatibles entre eux.

### Fonctions et Contributions

- **Normes de sécurité et de performance** : La CEI publie des normes pour les équipements électriques et électroniques utilisés en télécommunications, incluant des systèmes de câblage, des appareils de commutation, et des dispositifs de transmission de signaux.
- **Interopérabilité** : Favorise l'harmonisation des systèmes électriques mondiaux afin de garantir l'interopérabilité des appareils et des réseaux.
- **Environnement et durabilité** : Travaille sur des normes concernant l'efficacité énergétique et la réduction des déchets électroniques, ce qui est crucial pour les équipements de télécommunication.

## 1.3 Organisation Internationale de Normalisation (ISO)

### Historique et Contexte

- **Fondation** : Créée en 1947, elle regroupe aujourd'hui des représentants de 165 pays.
- **Pays d'origine** : Le siège est situé à Genève, en Suisse. L'organisation a été fondée à la suite de la Seconde Guerre mondiale pour faciliter le commerce international et harmoniser les normes industrielles.
- **Mission initiale** : Harmoniser les normes dans divers secteurs, y compris les télécommunications, pour faciliter le commerce international et les échanges techniques.

### Fonctions et Contributions

- **Normalisation des télécommunications** : L'ISO collabore avec l'UIT et d'autres organismes pour normaliser les processus, les interfaces et les protocoles de communication, comme le système de gestion de la qualité ISO 9000.
- **Interopérabilité** : A créé les normes OSI (Open Systems Interconnection), un modèle en sept couches pour la communication des systèmes ouverts.
- **Partenariats** : Travaille souvent en collaboration avec d'autres organisations, comme la CEI (par exemple, la norme ISO/CEI 27001 pour la sécurité de l'information).

## Modèle OSI

- **Contexte** : Lancé par l'ISO dans les années 1980, le modèle OSI est un cadre de référence qui divise les processus de communication en sept couches (physique, liaison, réseau, transport, session, présentation, application).
- **Importance** : Même si les protocoles Internet (TCP/IP) sont aujourd'hui plus utilisés, le modèle OSI reste une référence pédagogique pour comprendre les interactions dans les réseaux de télécommunications.

## 1.4 Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)

### Historique et Contexte

- **Fondation** : Créé en 1963 par la fusion de l'American Institute of Electrical Engineers (AIEE) et de l'Institute of Radio Engineers (IRE).
- **Pays d'origine** : États-Unis ; son siège est à New York.
- **Mission initiale** : Promouvoir le développement des sciences électriques et électroniques pour un large éventail de disciplines, y compris les télécommunications.

### Fonctions et Contributions

- **Normes IEEE** : Publie des normes très influentes dans le domaine des réseaux et de l'Internet, notamment :
  - **IEEE 802.3** : Norme pour Ethernet, un standard de réseau local (LAN).
  - **IEEE 802.11** : Norme pour le Wi-Fi, utilisée mondialement pour les connexions sans fil.
- **Interopérabilité et innovation** : Garantit que les équipements produits par différents fabricants soient compatibles entre eux, favorisant ainsi le développement et l'expansion des réseaux locaux et sans fil.
- **Recherche et développement** : Encourage l'innovation par des publications scientifiques, des conférences et des forums techniques où les professionnels de télécommunications échangent sur les avancées technologiques.

Ces quatre organismes ont joué des rôles complémentaires dans la normalisation des télécommunications :

Institution	Acronyme	Fonction principale	Domaines
International Telecommunication Union	ITU	Réglementation et standards globaux pour les télécommunications	Réseaux, radio, Internet, satellite
Commission Électrotechnique Internationale	CEI	Normes pour les technologies électriques et électroniques	Énergie, appareils électroménagers
Open Systems Interconnection	OSI	Modèle pour l'interconnexion des systèmes ouverts	Réseaux, protocoles de communication
Institute of Electrical and Electronics Engineers	IEEE	Standards techniques pour diverses technologies	Informatique, électronique, télécoms

**Table 1.1:** Tableau de comparaison des institutions de normalisation

- **UIT** : Organisation intergouvernementale qui coordonne les normes mondiales et la gestion des spectres.
- **CEI** : Se concentre sur les normes de sécurité et d'efficacité énergétique des équipements électriques utilisés dans les télécommunications.
- **ISO** : Harmonise les normes industrielles et a contribué au modèle OSI, essentiel pour l'interopérabilité des réseaux.
- **IEEE** : Offre des normes techniques pour les réseaux locaux et les technologies sans fil, en favorisant une compatibilité industrielle.

Ensemble, ces institutions permettent aux technologies de télécommunications de fonctionner de manière fluide à travers le monde, favorisant ainsi le développement des infrastructures de communication modernes.

## 1.5 Institut Algérien de Normalisation IANOR

### Présentation de l'IANOR

L'Institut Algérien de Normalisation (IANOR) a été érigé en établissement public à caractère industriel et commercial (EPIC) par décret exécutif n° 98-69 du 21 février 1998, modifié et complété par le décret exécutif n° 11-20 du 25 janvier 2011.

### Missions de l'IANOR

L'Institut Algérien de Normalisation (IANOR) est chargé de :

- a) L'élaboration, la publication et la diffusion des normes algériennes.
- b) La centralisation et la coordination de l'ensemble des travaux de normalisation entrepris par les structures existantes et celles qui seront créées à cet effet.
- c) L'adoption de marques de conformité aux normes algériennes et de labels de qualité ainsi que la délivrance d'autorisation de l'utilisation de ces marques et le contrôle de leur usage dans le cadre de la législation en vigueur.
- d) La promotion de travaux, recherches, essais en Algérie ou à l'étranger, ainsi que l'aménagement d'installations d'essais nécessaires à l'établissement de normes et à la garantie de leur mise en application.
- e) La constitution, la conservation et la mise à la disposition de toute documentation ou information relative à la normalisation.
- f) L'application des conventions et accords internationaux dans les domaines de la normalisation auxquels l'Algérie est partie.
- g) Assurer le secrétariat du Conseil National de la Normalisation (CNN) et des Comités Techniques de Normalisation.

## 2 Historique et Évolution des Organisations de Normalisation en Télécommunications

### 2.1 Historique et Union Internationale des Télécommunications (UIT)

#### Étapes clés de l'évolution de l'Union Internationale des Télécommunications (UIT)

- **1865** : Création de l'Union Télégraphique Internationale à Paris, destinée à coordonner les réseaux de télégraphie.
- **1932** : Changement de nom en Union Internationale des Télécommunications (UIT) pour refléter l'expansion vers la téléphonie et la radiocommunication.
- **1965** : Célébration du centenaire, l'UIT devient une organisation spécialisée des Nations Unies.

#### Évolutions récentes

- **Années 1990** : Adaptation aux nouvelles technologies, notamment l'Internet. L'UIT-T (secteur de normalisation) développe des normes pour la voix sur IP et les services multimédias.

- **2000 et au-delà** : Lancement de nouvelles normes pour les réseaux mobiles (3G, 4G, 5G) et mise en place d'initiatives pour l'accès universel aux télécommunications.

## 2.2 Historique Commission Électrotechnique Internationale (CEI)

- **1906** : Création de la CEI à Londres pour normaliser les équipements électriques et électroniques. - **1913** : Adoption de la première norme CEI pour les équipements électriques.

## 2.3 Évolution Historique Commission Électrotechnique Internationale (CEI)

- **1950-1960** : Développement de normes pour les systèmes de communication et d'énergie. - **1980-1990** : L'essor des technologies numériques pousse la CEI à élaborer des normes pour les dispositifs électroniques et de communication. - **2000 et au-delà** : Concentration sur les normes liées à la sécurité, à la durabilité et aux technologies émergentes, comme l'Internet des objets (IoT).

## 2.4 Historique Organisation Internationale de Normalisation (ISO)

- **1947** : Fondation de l'ISO pour établir des normes internationales dans divers domaines, y compris les télécommunications. - **1984** : Publication du modèle OSI (Open Systems Interconnection) qui définit un cadre pour les communications réseau.

## 2.5 Évolution Internationale de Normalisation (ISO)

- **1990-2000** : L'ISO adapte ses normes pour répondre aux exigences croissantes du commerce international et de la mondialisation. - **2000 et au-delà** : Collaboration accrue avec d'autres organismes de normalisation, mise à jour des normes pour intégrer de nouvelles technologies, et développement de normes pour la gestion de la qualité.

## 2.6 Historique Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)

- **1963** : Fusion de l'American Institute of Electrical Engineers (AIEE) et de l'Institute of Radio Engineers (IRE) pour former l'IEEE.
- **1980** : Développement de normes clés pour les réseaux, notamment IEEE 802.3 pour Ethernet.
- **1997** : Publication de la norme IEEE 802.11, qui définit les protocoles pour les réseaux locaux sans fil (Wi-Fi).
- **2000 et au-delà** : L'IEEE continue d'élargir ses normes pour inclure des technologies de communication avancées, notamment les réseaux à très haut débit et les systèmes de communication sans fil.

## 3 Les Standards en Télécommunications

### Note Importante

L'évolution de l'UIT, de la CEI, de l'ISO et de l'IEEE reflète les changements technologiques rapides dans le domaine des télécommunications. Ces organisations jouent un rôle crucial dans la définition des normes qui garantissent l'interopérabilité, la sécurité et l'efficacité des systèmes de communication à l'échelle mondiale.

Les **standards** jouent un rôle fondamental dans les télécommunications pour assurer l'interopérabilité, la compatibilité et la qualité des communications à travers le monde. Ce sont des formats et des protocoles définis par des consortiums, des forums, et diverses organisations (officielles ou non officielles). Voici un aperçu de la manière dont ces standards sont créés et adoptés, ainsi que des types de standards ouverts et fermés en télécoms.

### 3.1 Élaboration et Adoption des Standards en Télécoms

Dans le domaine des télécommunications, les standards sont généralement élaborés par des groupes de travail formés d'acteurs clés de l'industrie (opérateurs télécoms, fabricants d'équipements, entreprises technologiques, etc.), qui collaborent pour développer des spécifications techniques répondant aux besoins de l'industrie.

Les standards sont ensuite adoptés par des organisations de normalisation pour assurer une large adoption et une compatibilité universelle. Parmi ces organisations, on distingue :

- **3GPP (3rd Generation Partnership Project)** : Un groupe de collaboration international qui établit les standards pour les réseaux mobiles, incluant la 3G, 4G, et 5G, et travaille actuellement sur la 6G.
- **UIT (Union Internationale des Télécommunications)** : Une agence des Nations Unies qui publie des normes mondiales pour de nombreux aspects des télécoms, des communications mobiles aux réseaux filaires.
- **IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers)** : Connue pour ses normes de réseaux sans fil comme le Wi-Fi (IEEE 802.11), il joue aussi un rôle dans la standardisation des réseaux filaires (Ethernet) et de l'Internet des objets.
- **ETSI (Institut Européen des Normes de Télécommunications)** : Spécialisé dans les normes pour les technologies de l'information et de la communication en Europe, ETSI est un acteur majeur dans le développement de la 5G.

Ces standards sont ensuite adoptés par les opérateurs et fabricants du secteur, ce qui garantit que les équipements et réseaux télécoms sont compatibles et interopérables à travers le monde.

## 3.2 Types de Standards en Télécoms : Ouverts et Fermés

### Standards Ouverts en Télécommunications

Les standards ouverts sont essentiels dans le secteur des télécommunications car ils garantissent une large adoption et une interopérabilité mondiale. Les standards ouverts sont publiés et diffusés librement, permettant une implémentation sans licence restrictive. Quelques exemples de standards ouverts dans le domaine des télécoms incluent :

- **GSM (Global System for Mobile Communications)** : Standard ouvert pour la communication mobile 2G, qui a permis une adoption massive des communications mobiles.
- **LTE (Long Term Evolution)** : Un standard ouvert pour la 4G développé par le 3GPP, permettant des vitesses de données élevées et facilitant la diffusion de l'internet mobile.
- **Wi-Fi (IEEE 802.11)** : Norme pour les réseaux sans fil développée par l'IEEE, permettant aux appareils de se connecter sans fil à des réseaux locaux (WLAN).
- **Bluetooth** : Protocole ouvert pour la communication sans fil à courte portée, utilisé dans divers appareils, du smartphone aux équipements IoT.

Les standards ouverts permettent de réduire les coûts pour les entreprises et les utilisateurs, d'augmenter la concurrence, et de stimuler l'innovation grâce à un accès universel aux spécifications techniques.

### Standards Fermés (ou Propriétaires) en Télécommunications

Les standards fermés, ou **standards propriétaires**, sont développés pour garder un contrôle exclusif sur une technologie. Ils ne sont pas librement accessibles et peuvent nécessiter une licence payante. Quelques exemples sont :

- **Protocoles propriétaires** : Certains équipements télécoms utilisent des protocoles fermés, permettant une performance optimisée mais limitant l'interopérabilité avec des équipements tiers.
- **FaceTime d'Apple** : Un service de communication vidéo utilisant des protocoles propriétaires uniquement disponibles sur les appareils Apple.
- **Codecs audio et vidéo fermés** : Certains codecs, comme **AAC** (audio) ou **H.265/HEVC** (vidéo), sont protégés par des brevets, nécessitant des redevances.

Ces standards permettent aux entreprises de générer des revenus via les licences et de contrôler leur écosystème. Cependant, ils peuvent limiter l'adoption à grande échelle en raison des coûts associés.

### 3.3 Importance des Standards en Télécommunications

Les standards en télécoms permettent :

- **L'interopérabilité** : Assurent que les équipements de différents fabricants fonctionnent ensemble, essentiel pour les réseaux globaux.
- **La réduction des coûts** : Des standards partagés réduisent les coûts de développement et d'acquisition.
- **L'innovation** : Permettent d'innover en construisant sur des technologies éprouvées.
- **La sécurité et la fiabilité** : Fournissent des pratiques de sécurité et des protocoles de communication fiables.

## 4 Recommandation

Une **recommandation** est un ensemble de lignes directrices ou de suggestions élaborées par des organismes de normalisation ou des comités d'experts. Contrairement aux normes qui sont souvent contraignantes, les recommandations ne sont pas obligatoires et servent principalement à conseiller les acteurs du secteur sur les meilleures pratiques.

### 4.1 Importance des Recommandations

Les recommandations jouent un rôle crucial dans le secteur des télécommunications pour plusieurs raisons :

- **Guidage des Pratiques** : Elles fournissent un cadre pour aider les entreprises et les organismes à adopter des pratiques efficaces et à améliorer la qualité de leurs services.
- **Interopérabilité** : Les recommandations aident à garantir que les équipements et services de différents fournisseurs peuvent fonctionner ensemble, ce qui est essentiel dans un environnement technologique complexe.
- **Innovation** : En proposant des lignes directrices sur de nouvelles technologies, les recommandations encouragent l'innovation tout en garantissant une certaine cohérence dans le développement des nouvelles solutions.
- **Réduction des Risques** : Elles peuvent aider à identifier les risques potentiels et à proposer des stratégies d'atténuation, contribuant ainsi à la sécurité des réseaux et des données.

### 4.2 Exemples de Recommandations

Voici quelques exemples de recommandations importantes dans le domaine des télécommunications :

- **Recommandations de l'UIT-T** : L'Union Internationale des Télécommunications (UIT) propose un large éventail de recommandations, comme la série **ITU-T G** qui couvre les aspects techniques de la transmission de données.
- **Recommandations du 3GPP** : Le 3rd Generation Partnership Project (3GPP) publie des recommandations pour les réseaux mobiles, y compris les spécifications techniques pour la 4G (LTE) et la 5G, qui influencent la conception et le déploiement de ces réseaux.
- **Recommandations de l'IEEE** : L'Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) émet des recommandations pour les protocoles de communication, tels que celles relatives aux réseaux sans fil (**IEEE 802.11**) et à la communication en temps réel (**IEEE 802.1Q** pour le VLAN<sup>2</sup>).

#### Note Importante

Les recommandations en télécommunications sont essentielles pour orienter le développement des technologies, assurer la compatibilité et favoriser l'innovation tout en garantissant la sécurité et la qualité des services. Elles représentent une source précieuse d'informations pour les décideurs et les professionnels du secteur.

### 4.3 Différence entre Recommandation, Norme et Protocole en Télécommunications

Dans le domaine des télécommunications, les concepts de **recommandation**, **norme** et **protocole** jouent un rôle clé pour structurer les pratiques et garantir l'interopérabilité, la sécurité et la compatibilité des services et équipements. Voici leurs distinctions détaillées :

**Recommandation** Une **recommandation** est un document ou un ensemble de lignes directrices émis par une organisation ou un comité d'experts. Elle vise à conseiller sur les meilleures pratiques dans un domaine spécifique.

- Elle est généralement **non contraignante** et constitue une suggestion de pratiques éprouvées permettant d'atteindre des objectifs de qualité, de sécurité ou de performance.
- **Exemple** : L'Union Internationale des Télécommunications (UIT) publie des recommandations, comme la série **ITU-T G**, qui propose des pratiques optimales pour les réseaux de télécommunications sans obligation stricte de les adopter.

**Norme** Une **norme** est un ensemble de spécifications techniques élaborées et approuvées par des organismes de normalisation reconnus (tels que l'ISO, l'IEC ou l'ETSI). Les normes sont souvent **obligatoires** dans certains secteurs pour garantir l'interopérabilité, la sécurité et la compatibilité des produits et services.

- Les normes servent de référence dans l'industrie et sont largement adoptées pour des raisons de cohérence et de conformité réglementaire.

- **Exemple : IEEE 802.11** est une norme pour les réseaux sans fil (Wi-Fi) qui définit des spécifications techniques garantissant la compatibilité des appareils Wi-Fi.

**Protocole** Un **protocole** est un ensemble de règles définissant comment les informations doivent être structurées, transmises et reçues sur un réseau.

- Contrairement à une recommandation, un protocole est **essentiel** pour établir une communication, car il fixe des règles strictes permettant la compatibilité entre différents systèmes.
- **Exemple : TCP/IP** est un protocole fondamental de l'internet qui définit comment les données sont découpées en paquets, adressées, transmises et reconstituées à la destination.

Concept	Objectif	Nature	Exemple
<b>Recommandation</b>	Conseiller des pratiques optimales	Non contraignante	Recommandations de l'UIT
<b>Norme</b>	Fixer des spécifications techniques	Obligatoire dans certains cas	IEEE 802.11 (Wi-Fi)
<b>Protocole</b>	Définir les règles de communication	Essentiel pour les échanges	TCP/IP (Internet)

**Table 1.2:** Résumé des Différences

## 5 Rôle d'un Protocole en Télécommunications

Les protocoles en télécommunications sont des ensembles de règles et de conventions qui régissent la communication entre dispositifs sur un réseau. Leur rôle est crucial pour garantir que les informations sont transmises de manière fiable, efficace et sécurisée. Voici une exploration détaillée des différents rôles des protocoles :

- **Mécanismes de contrôle** : Les protocoles utilisent divers algorithmes pour ajuster le rythme d'envoi des données. Si le destinataire ne peut pas suivre le rythme, le protocole peut demander à l'expéditeur de ralentir la transmission.
- Cela évite les pertes de données et garantit une expérience utilisateur fluide, surtout dans les applications sensibles au temps comme la voix sur IP (VoIP) ou la vidéo en streaming.

**Note Importante**

Le rôle des protocoles en télécommunications est fondamental pour la structure et le fonctionnement des réseaux modernes. En établissant des règles et des conventions claires pour la communication, les protocoles garantissent non seulement que les données sont transmises de manière fiable et sécurisée, mais aussi qu'elles le sont de manière efficace entre des systèmes hétérogènes. La compréhension et l'implémentation correctes de ces protocoles sont essentielles pour le succès de toute infrastructure de communication.

**Note Importante**

Le protocole TCP/IP est considéré comme le plus fondamental et important, car il est la pierre angulaire des communications sur Internet. C'est lui qui permet l'interconnexion et la transmission des données entre réseaux, assurant ainsi la communication entre des millions de dispositifs à travers le monde.

Protocole	Description	Utilisation principale	Importance
TCP/IP	Protocole de base pour la communication sur Internet	Transfert de données sur les réseaux	Fondamental pour Internet et les réseaux
HTTP/HTTPS	Protocole pour la navigation sur le web (HTTPS est sécurisé)	Accès aux sites web	Essentiel pour le World Wide Web
VoIP	Transmission de la voix sur les réseaux IP	Appels audio et vidéo sur Internet	Réduit les coûts de téléphonie et permet la communication en ligne
FTP	Transfert de fichiers entre client et serveur	Téléchargement et envoi de fichiers	Important pour la gestion de fichiers
SMTP/POP3/IMAP	Protocoles de messagerie électronique	Envoi (SMTP) et réception (POP3/IMAP) des e-mails	Cruciaux pour la communication par e-mail

**Table 1.3:** Tableau des principaux protocoles de télécommunication

## 6 Les standards et recommandations en télécommunication

Dans le domaine des télécommunications, les **normes**, **standards** et **recommandations** sont des éléments fondamentaux pour assurer l'interopérabilité et la qualité des services. Cependant, il peut être difficile de comprendre les différences entre ces termes et leur impact sur les systèmes de télécommunication.

### 6.1 Les Normes

Une *norme* est un document approuvé par un organisme reconnu qui établit des critères techniques ou de qualité pour un produit ou un service. Par exemple, l'ISO (Organisation Internationale de Normalisation) publie de nombreuses normes pour les protocoles de télécommunications. Ces normes visent à garantir que les produits et services sont sécurisés et peuvent fonctionner ensemble de manière cohérente. L'adhésion à ces normes est généralement volontaire mais est souvent obligatoire pour des raisons de compétitivité et de compatibilité.

### 6.2 Les Standards

Le **standard** est souvent utilisé comme synonyme de norme mais a une signification plus large. Un standard peut être défini comme un ensemble de spécifications techniques qui peuvent être appliqués à un produit ou un service. Les standards peuvent être développés par des organismes internationaux tels que l'ITU (Union Internationale des Télécommunications) ou le 3GPP (3rd Generation Partnership Project) dans le cas des télécommunications mobiles. Contrairement aux normes, les standards peuvent être plus souples et peuvent évoluer rapidement pour suivre les avancées technologiques.

### 6.3 Les Recommandations

Dans le cadre des télécommunications, les **recommandations** sont des lignes directrices ou des guides publiés par des organismes de normalisation. Elles ne sont pas nécessairement obligatoires mais sont fortement encouragées pour assurer une certaine qualité de service et de compatibilité. L'ITU-T, une branche de l'Union Internationale des Télécommunications, publie des recommandations pour aider les entreprises à aligner leurs systèmes avec les meilleures pratiques. Ces recommandations couvrent un large éventail de sujets, allant des protocoles de communication aux aspects de sécurité.

### 6.4 Les Protocoles

Les protocoles de télécommunication sont indispensables pour assurer une communication fiable et efficace entre les dispositifs. Ils établissent les règles et les standards que les équipements doivent suivre pour échanger les données de manière organisée. Sans les protocoles, la communication entre dispositifs de types différents serait pratiquement impossible.

**Les Différents Types de Protocoles** Il existe plusieurs types de protocoles utilisés en télécommunication, chacun ayant un rôle spécifique. Quelques exemples de protocoles inclut TCP/IP, qui est le protocol principal pour les reseaux Internet, et HTTP, qui est utilise pour l'accès aux pages web. On trouve aussi des protocoles comme FTP, qui permet le transfert de fichiers, et SMTP, utiliser pour l'envoi des courriels.

## 7 Rôle d'un protocole

Le fonctionnement des protocoles depend des couches du modèle OSI (Open Systems Interconnection), qui decompose le processus de communication en sept couches distinctes. Ce modèle permet de comprendre comment les données sont envoyées et reçus, en passant par différentes couches. Par exemple, la couche de transport s'occupe de la gestion des connexions et du flux de données, tandis que la couche de réseau est responsable du routage des informations.

### Note Importante

Les normes, standards et recommandations jouent tous un rôle crucial dans le domaine des télécommunications, en assurant que les systèmes peuvent fonctionner ensemble de manière fiable et sécurisée. Bien que chacun de ces termes ait des connotations légèrement différentes, ils contribuent tous à l'objectif commun d'améliorer la compatibilité et l'efficacité des infrastructures de télécommunication.

Concept	Définition en Télécommunications	Exemple en Télécommunications	Obligatoire ?
Standards	Règles techniques adoptées par l'industrie pour garantir la compatibilité et l'interopérabilité des équipements et des réseaux.	5G NR (New Radio) : standard pour les réseaux mobiles 5G	Souvent adoptés, mais non obligatoires
Recommandations	Lignes directrices proposées par des organisations comme l'UIT (Union Internationale des Télécommunications) pour orienter les pratiques des opérateurs et fabricants.	ITU-T G.652 : recommandation pour les fibres optiques	Non, ce sont des lignes directrices
Normes	Exigences techniques officielles pour les équipements ou services, créées par des organismes comme l'ISO ou l'ETSI, pour garantir qualité, sécurité et compatibilité.	ISO/IEC 11801 : norme pour le câblage des réseaux locaux (LAN)	Oui, souvent imposées par réglementation
Protocoles	Ensembles de règles pour l'échange de données entre équipements, permettant aux réseaux de communiquer et d'échanger de l'information.	TCP/IP : protocole pour l'échange de données sur Internet	Oui, indispensables pour la compatibilité

**Table 1.4:** Comparaison des Standards, Recommandations, Normes et Protocoles en Télécommunications

## 8 Structure de l'Union Internationale des Télécommunications

## 9 Fonctions et structures de l'UIT

### 9.1 Fonctions et structures de l'UIT

On peut considérer l'UIT comme un parlement international pour la gestion du système mondial des télécommunications. Contrairement aux autres organismes internationaux, tels l'ONU, l'UNESCO ou la FAO, l'UIT n'a pas de charte ni de constitution, mais une convention renouvelée périodiquement lors d'une conférence des plénipotentiaires.

La Convention internationale de télécommunication est le fondement de l'UIT. Ce texte établit la nature et les buts de l'union, sa structure, ses fonctions et ses méthodes administratives. On y trouve également les règles fondamentales relatives au fonctionnement des services mondiaux des télécommunications. Les règlements administratifs du télégraphe,

ceux du téléphone et ceux de la radiodiffusion élaborés par des conférences administratives complètent la convention.

Celle-ci a un statut équivalent à celui d'un traité international. Dans la perspective du droit international, cela implique la signature de la convention par chaque État membre et le droit de réserve. Ce droit permet à un État de se soustraire à l'un ou l'autre des articles de la convention. Un État peut également refuser de signer la convention ; dans ce cas, il ne peut être tenu responsable pour ses dérogations. En signant la convention, chaque membre s'engage moralement à en respecter les exigences en dehors de toute contrainte juridique. Il apparaît donc que, dans le domaine international des télécommunications, le bon sens prévaut encore sur les intérêts politiques bien que ceux-ci aient acquis de plus en plus de poids ces dernières années. **L'Union Internationale des Télécommunications (UIT)** est une organisation spécialisée des Nations Unies qui coordonne la gestion mondiale des fréquences radioélectriques et l'élaboration des normes techniques dans le domaine des télécommunications. L'UIT est composée de plusieurs organes principaux, chacun ayant un rôle spécifique.

## 9.2 L'Assemblée Générale de l'UIT

L'Assemblée générale de l'UIT est l'organe principal de décision. Elle se réunit tous les quatre ans pour définir les grandes orientations et priorités de l'organisation. C'est lors de cette assemblée que les membres de l'UIT prennent des décisions cruciales pour l'avenir des télécommunications mondiales.

## 9.3 Le Conseil de l'UIT

Le Conseil de l'UIT agit entre les sessions de l'Assemblée générale. Il est responsable de la gestion de l'UIT au jour le jour, en supervisant l'implémentation des décisions prises par l'Assemblée générale et en veillant au bon fonctionnement de l'organisation.

## 9.4 Le Bureau de l'UIT

Le Bureau de l'UIT assure l'administration quotidienne de l'organisation. Il est dirigé par le Secrétaire général, qui est le responsable exécutif. Ce bureau gère les différents programmes et projets de l'UIT.

## 9.5 Les Secteurs Spécialisés de l'UIT

L'UIT se divise en trois grands secteurs spécialisés :

- **ITU-R (Radiocommunication)** : Ce secteur est responsable de la gestion des fréquences radio et de la gestion des ressources radioélectriques. Il est essentiel pour les communications par satellite et les radiocommunications internationales.
- **ITU-T (Télécommunications)** : Ce secteur s'occupe de la normalisation des télécommunications. Il élabore des normes techniques pour les réseaux et systèmes de télécommunication, garantissant leur interopérabilité à l'échelle mondiale.

- **ITU-D (Développement)** : Ce secteur se concentre sur le développement des infrastructures de télécommunication, en particulier dans les pays en développement. Son objectif est de favoriser l'accès universel aux technologies de l'information et de la communication.

### Note Importante

En résumé, l'UIT joue un rôle central dans la gouvernance mondiale des télécommunications. Elle veille à la coopération internationale, à la gestion des fréquences et à l'élaboration de normes techniques. Elle aide à garantir que les technologies de communication sont accessibles à tous et qu'elles fonctionnent de manière harmonieuse à travers le monde.

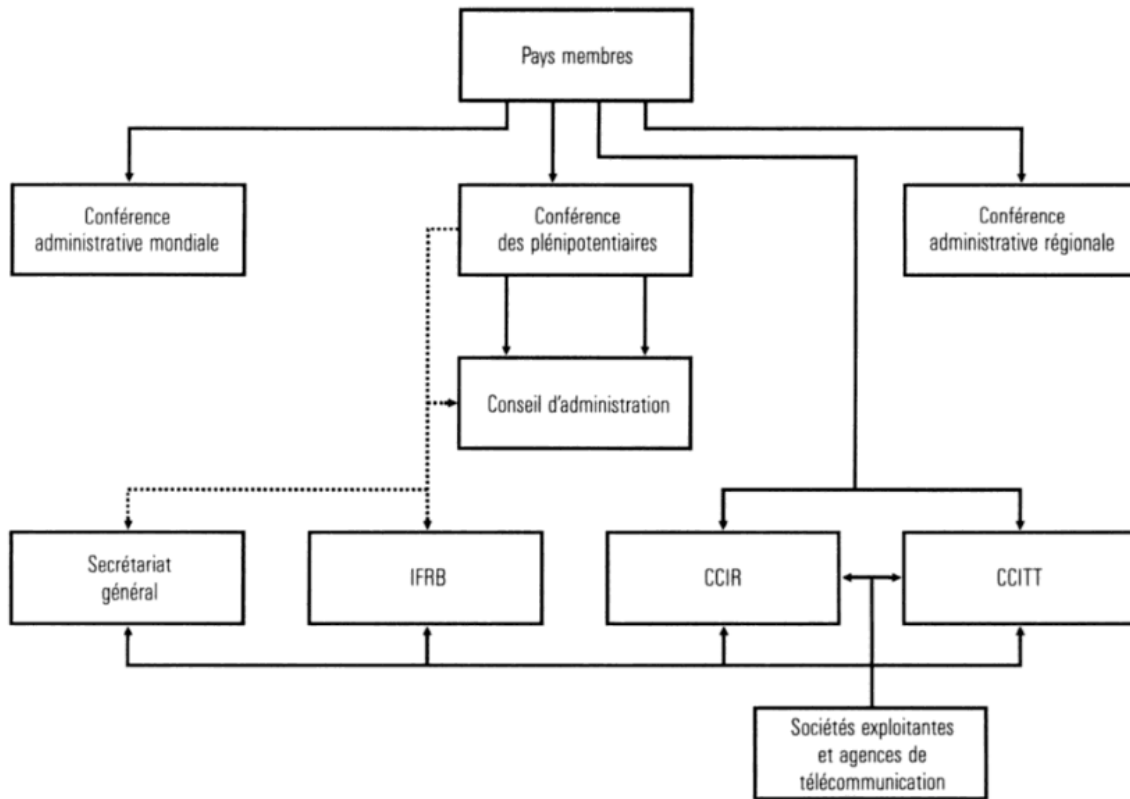


Figure 1.1: Structure de l'Union Internationale des Télécommunications

Institution	Historique et Évolution
<b>UIT</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Créée en 1865 sous le nom d'Union Télégraphique Internationale.</li> <li>• Devenue Union Internationale des Télécommunications (UIT) en 1932.</li> <li>• Élabore des normes techniques pour les télécommunications mondiales.</li> <li>• Joue un rôle clé dans la gestion du spectre et des standards mobiles (2G à 5G).</li> <li>• Siège à Genève, Suisse.</li> </ul>
<b>CEI</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fondée en 1906 à Londres, actuelle siège à Genève, Suisse.</li> <li>• Se concentre sur la normalisation des équipements électriques et électroniques.</li> <li>• Établit des normes de sécurité et de performance , favorisant l'interopérabilité.</li> <li>• Publie des normes pour les équipements utilisés dans les télécommunications.</li> </ul>
<b>ISO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Créée en 1947, siège à Genève, Suisse.</li> <li>• Vise à harmoniser les normes dans divers secteurs, y compris les télécommunications.</li> <li>• A développé le modèle OSI (Open Systems Interconnection) pour la communication.</li> <li>• Collabore avec l'UIT et d'autres organismes pour normaliser.</li> </ul>
<b>IEEE</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fondé en 1963 par la fusion de l'American Institute of Electrical Engineers (AIEE) et de l'Institute of Radio Engineers (IRE).</li> <li>• Publie des normes clés dans le domaine des réseaux (IEEE 802.3 pour Ethernet, IEEE 802.11 pour le Wi-Fi).</li> <li>• Favorise l'innovation par des publications scientifiques et des forums techniques.</li> </ul>
<b>IANOR</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Créé en 1998 en tant qu'EPIC (Établissement Public à Caractère Industriel et Commercial).</li> <li>• Chargé de l'élaboration et de la diffusion des normes algériennes.</li> <li>• Centralise les travaux de normalisation et certifie les produits conformes.</li> <li>• Point d'information sur les Obstacles Techniques au Commerce (OTC).</li> <li>• Siège à Alger, Algérie.</li> </ul>

**Table 1.5:** Comparaison des Institutions de Normalisation en Télécommunications

---

---

## CHAPTER 2

---

# CHAPITRE 2: NORMES ASSOCIÉES À LA DIFFUSION ANALOGIQUE ET NUMÉRIQUE

1	Normes audio à la diffusion analogique . . . . .	28
2	Normes vidéo à la diffusion analogique . . . . .	29
3	Normes audio Numérique . . .	34
4	Principales Recommandations UIT-R pour Normes audio . . . . .	36
5	Normes vidéo Numérique . . .	38
6	Standards de Diffusion Numérique . . . . .	38

Les normes associées à la diffusion analogique et numérique concernent principalement les règles et technologies qui assurent la qualité des signaux et leur compatibilité entre différents appareils. En diffusion analogique, on utilise des normes comme le PAL, le NTSC et le SECAM, qui sont spécifiques à différentes régions du monde. Par exemple, le PAL est utilisé en Europe, le NTSC en Amérique du Nord, et le SECAM en France et dans quelques autres pays. Pour la diffusion numérique, des normes comme le DVB-T (utilisé en Europe), l'ATSC (en Amérique du Nord) et l'ISDB (au Japon et en Amérique du Sud) sont utilisées. Ces normes numériques permettent une transmission plus stable et de meilleure qualité, avec la possibilité d'inclure des signaux haute définition. Elles assurent également une meilleure utilisation de la bande passante et la possibilité d'ajouter des services supplémentaires, comme la télévision interactive. Ces normes sont cruciales pour que les utilisateurs puissent recevoir des émissions claires et sans perturbations, en fonction de leur emplacement géographique et du type d'équipement utilisé.

## 1 Normes audio à la diffusion analogique

les normes audio analogique ont été développée pour assurer la qualité et la stabilité des transmissions sonore dans les systèmes de diffusion cette norme permettent d'assurer que le signal audio reste fidèle a l'original durant son enregistrement son transport et sa restitution

les normes analogiques utilise la modulation pour transformer les signaux sonore en signaux électrique on retrouve principalement deux types de modulation pour le son analogique la modulation d'amplitude (am) et la modulation de fréquence (fm) en modulation d'amplitude le signal audio est transféré par la variation de l'amplitude du signal porteur par contre dans la modulation de fréquence c'est la fréquence du signal porteur qui varie selon les variations du signal sonore ce dernier est d'ailleurs plus stable et est largement utilisé pour la radio FM car il est moins sensible aux interférences

en général les normes analogiques impose une certaine limite de fréquence en fonction du canal de diffusion par exemple pour la bande AM la gamme de fréquence s'étend de 535 khz à environ 1605 khz tandis que pour la bande FM elle s'étend de 88 à 108 mhz les fréquences en AM sont plus basses donc elles peuvent couvrir une plus grande distance mais la qualité du son est souvent moins bonne comparé a la FM qui a un son plus clair mais qui couvre des distances plus courte

les normes analogiques en audio ont été peu a peu remplacées par des standards numériques qui offre une meilleure qualité sonore et une transmission sans perte.

Norme	Type de Modulation	Plage de Fréquences	Qualité Sonore	Portée
AM (Amplitude Modulation)	Modulation d'Amplitude	535 kHz - 1605 kHz	Moyenne à faible	Très grande portée, parfois jusqu'à plusieurs centaines de kilomètres
FM (Frequency Modulation)	Modulation de Fréquence	88 MHz - 108 MHz	Excellente, plus claire	Portée modérée, en général jusqu'à 100 km
LW (Long Wave)	Modulation d'Amplitude	30 kHz - 300 kHz	Faible	Très longue portée, souvent utilisée pour la radio maritime
SW (Short Wave)	Modulation d'Amplitude	1.6 MHz - 30 MHz	Variable	Grande portée, idéale pour la diffusion internationale
TV Audio (son TV analogique)	Modulation de Fréquence (ou Amplitude selon les normes régionales)	Variable, dépend des canaux de TV	Bonne à très bonne	Locale à régionale, dépend de la norme TV utilisée (NTSC, PAL, SECAM)

**Table 2.1:** Tableau des normes audio analogiques avec nuances de gris

#### Notes :

- **AM** : Très sensible aux interférences, ce qui peut dégrader la qualité du son, particulièrement dans les environnements urbains.
- **FM** : Moins sensible aux interférences, avec une qualité audio supérieure, mais une portée plus limitée comparée à l'AM.
- **LW** et **SW** : Utilisées pour des transmissions longue distance, souvent pour les radios internationales.

## 2 Normes vidéo à la diffusion analogique

Les normes vidéo analogiques sont des systèmes utilisés pour la transmission et l'enregistrement des signaux vidéo en utilisant des technologies analogiques. Ces normes ont été développées pour assurer la compatibilité entre les équipements de diffusion et de réception vidéo. Voici un aperçu des principales normes vidéo analogiques.

### Description des normes vidéo analogiques

- **PAL: Phase Alternating Line** : Utilisé principalement en Europe et dans certaines régions d'Asie et d'Afrique. Cette norme fournit une résolution de 625 lignes et un balayage à 50 Hz, offrant une qualité d'image stable et une meilleure gestion des couleurs.

Norme	Résolution	Fréquence de balayage	Régions d'utilisation
PAL	625 lignes	50 Hz	Europe, Afrique, Asie, Océanie
NTSC	525 lignes	60 Hz	Amérique du Nord, Japon, Asie
SECAM	625 lignes	50 Hz	France, Afrique, Russie
M	525 lignes	60 Hz	Mexique, Amérique centrale

**Table 2.2:** Comparatif des principales normes vidéo analogiques

- **NTSC: National Television System Committee** : Couramment utilisé en Amérique du Nord et au Japon, cette norme fonctionne avec une résolution de 525 lignes et une fréquence de balayage de 60 Hz, ce qui permet une fluidité d'image supérieure. Cependant, elle présente des problèmes de fidélité des couleurs.
- **SECAM: Séquentiel Couleur à Mémoire** : Présent principalement en France et en Russie, cette norme utilise une résolution de 625 lignes avec une fréquence de balayage de 50 Hz. Elle est conçue pour mieux gérer la transmission des couleurs dans des conditions difficiles.
- **M** : Variante du NTSC utilisée au Mexique et en Amérique centrale, avec une résolution de 525 lignes et une fréquence de balayage de 60 Hz.

## 2.1 Normes Audio et Vidéo Analogiques en Algérie

Les normes audio et vidéo analogiques utilisées en Algérie sont principalement influencées par les standards internationaux, notamment européens, et sont adaptées aux besoins locaux. Ces normes ont été déployées à l'origine pour la diffusion radio et télévisée analogique.

**Normes Audio** En Algérie, les normes audio analogiques sont principalement la **FM** (Modulation de Fréquence) et **AM** (Modulation d'Amplitude).

- **FM** (Modulation de Fréquence) : Cette norme est utilisée principalement pour la diffusion de la radio avec une qualité sonore élevée et moins de bruit. Elle est utilisée pour la majorité des radios locales et nationales.
- **AM** (Modulation d'Amplitude) : Cette norme est utilisée pour les transmissions radio longue distance, bien que sa qualité sonore soit inférieure à celle de la FM et plus sujette aux interférences.

**Normes Vidéo** Pour la télévision analogique en Algérie, la norme **SECAM** (Séquentiel Couleur à Mémoire) a été largement utilisée, bien que certaines normes comme **PAL** soient également présentes dans les équipements vidéo domestiques.

- **SECAM** : Utilisée pour la diffusion télévisée analogique en Algérie, cette norme permet une meilleure gestion des couleurs. Elle est utilisée principalement pour les émissions télévisées terrestres.
- **PAL** : Bien que le SECAM soit la norme utilisée pour la diffusion, certains équipements domestiques, comme les lecteurs VHS, peuvent être compatibles avec la norme PAL.

## 2.2 Comparatif des Normes Audio et Vidéo Analogiques

Norme	Type	Caractéristiques
<b>FM</b>	Audio	Modulation de Fréquence, utilisé pour la diffusion radio locale et nationale avec une meilleure qualité sonore.
<b>AM</b>	Audio	Modulation d'Amplitude, utilisé pour les transmissions longue portée avec une qualité sonore inférieure et plus sujette aux interférences.
<b>SECAM</b>	Vidéo	Système de diffusion télévisée analogique utilisé en Algérie avec une résolution de 625 lignes à 50 Hz.
<b>PAL</b>	Vidéo	Système de vidéo domestique avec une résolution de 625 lignes à 50 Hz, utilisé pour les équipements VHS et les lecteurs vidéo.

**Table 2.3:** Comparatif des Normes Audio et Vidéo Analogiques en Algérie

## 2.3 Résumé des Standards Normes Audio et Vidéo Analogiques : Recommandations UIT-R

Les normes audio et vidéo analogiques recommandées par l'UIT-R (Union Internationale des Télécommunications - Secteur de la Radiocommunication) ont joué un rôle clé dans la diffusion des signaux audio et vidéo à travers le monde, avant l'ère de la télévision numérique. Ces recommandations ont permis de définir les formats de transmission analogique et d'assurer une certaine uniformité dans les systèmes de télévision analogique. Voici un résumé des principales recommandations UIT-R concernant les normes analogiques.

### Principales Recommandations UIT-R pour la Télévision Analogique

#### 1. UIT-R BT.1700 (Systèmes de télévision analogique couleur)

- **Objectif** : Définir les caractéristiques techniques des systèmes de télévision couleur analogique.
- **Caractéristiques** : Cette norme spécifie les systèmes de télévision couleur pour les émissions en couleur utilisant un signal de type PAL (Phase Alternating Line), NTSC (National Television System Committee) et SECAM (Séquentiel Couleur à Mémoire).
- **Utilisation** : Utilisé dans les systèmes de télévision analogique dans divers pays à travers le monde.

#### 2. UIT-R BT.601 (Normes de diffusion vidéo pour la télévision standard)

- **Objectif** : Définir les caractéristiques du signal vidéo pour la télévision standard en définition (SD).
- **Caractéristiques** : Résolution de 720x576 pixels pour les systèmes PAL et SECAM et codage analogique en 625 lignes.
- **Utilisation** : Utilisé dans les premières émissions en télévision analogique, avant l'introduction de la télévision numérique.

#### 3. UIT-R BT.470 (Caractéristiques du signal de télévision couleur pour les systèmes analogiques)

- **Objectif** : Standardiser les caractéristiques du signal pour les systèmes de télévision couleur analogique.
- **Caractéristiques** : Définition des rapports de contraste et de luminosité, ainsi que la norme de signal couleur pour le système PAL et SECAM.
- **Utilisation** : Spécification des normes pour les systèmes analogiques de télévision couleur.

#### 4. UIT-R BT.1204 (Télévision couleur analogique - Caractéristiques de la diffusion)

- **Objectif** : Définir les caractéristiques de la diffusion des signaux vidéo et audio dans les systèmes analogiques couleur.
- **Caractéristiques** : La norme spécifie les exigences relatives à la bande passante et aux caractéristiques de fréquence pour les émissions analogiques en couleur.
- **Utilisation** : Appliquée aux systèmes PAL, NTSC et SECAM pour garantir une qualité d'image et de son acceptable dans les transmissions analogiques.

#### 5. UIT-R BT.1889 (Systèmes de télévision couleur avec transmission analogique)

- **Objectif** : Fournir des lignes directrices pour l'interopérabilité des systèmes analogiques avec les nouvelles technologies.
- **Caractéristiques** : Normes pour l'intégration de la diffusion analogique dans des environnements hybrides avec des signaux numériques.
- **Utilisation** : Utilisé pour assurer une certaine compatibilité entre la télévision analogique et les nouvelles technologies de diffusion.

## Principales Recommandations UIT-R pour l'Audio Analogique

#### 1. UIT-R BS.1116 (Transmission du son en télévision analogique)

- **Objectif** : Définir les caractéristiques techniques pour la transmission audio dans les systèmes de télévision analogique.
- **Caractéristiques** : Cette norme spécifie les exigences relatives à la transmission du son en mono ou en stéréo dans les systèmes analogiques.
- **Utilisation** : Appliqué aux systèmes de télévision analogique, principalement pour les émissions de télévision en son mono et stéréo.

#### 2. UIT-R BS.630 (Caractéristiques du son pour les émissions analogiques en télévision)

- **Objectif** : Définir les caractéristiques du signal sonore dans les émissions de télévision analogique.
- **Caractéristiques** : Spécifie les niveaux de volume, la bande passante et la modulation des signaux audio dans les systèmes NTSC, PAL, et SECAM.
- **Utilisation** : Utilisé pour garantir une qualité sonore constante et appropriée dans les systèmes analogiques.

### Note Importante

Les recommandations UIT-R relatives aux normes analogiques ont été essentielles pour la structuration et l'harmonisation des systèmes de télévision et de diffusion audio à travers le monde. Elles ont permis de définir des standards pour les signaux vidéo et audio afin de garantir une diffusion de qualité dans un environnement analogique. Bien que ces technologies aient été largement remplacées par les systèmes numériques, elles ont constitué un fondement pour les évolutions ultérieures dans la diffusion audiovisuelle mondiale.

## 3 Normes audio Numérique

Les normes audio numériques jouent un rôle fondamental dans la qualité et la transmission du son dans les systèmes modernes de diffusion et de stockage audio. Ces normes définissent comment les signaux sonores sont capturés, compressés, et transmis de manière numérique, ce qui permet d'obtenir une meilleure qualité sonore et une plus grande efficacité. Ces technologies ont profondément transformé l'industrie de la musique, de la télévision et du multimédia. Ce document détaillera les principaux aspects des normes audio numériques.

**Conversion Analogique-Numérique (A/D)** Avant que le son ne soit numérisé, il est d'abord capturé sous forme analogique (par exemple, par un microphone). La conversion analogique-numérique (A/D) est une étape clé dans ce processus. Elle transforme les variations continues du signal sonore en valeurs numériques discrètes. Cette conversion se fait à l'aide de deux éléments principaux :

- **Fréquence d'échantillonnage** : Elle détermine combien de fois par seconde un échantillon du signal audio est pris. Des valeurs courantes incluent 44,1 kHz (pour la musique CD) ou 48 kHz (utilisé dans le domaine vidéo).
- **Profondeur de bit** : Cela indique la précision avec laquelle chaque échantillon est mesuré. Par exemple, une profondeur de bit de 16 bits permet de capturer plus de détails qu'une profondeur de 8 bits, ce qui est essentiel pour la fidélité sonore.

### 3.1 Compression Audio Numérique

La compression audio est un aspect clé des normes audio numériques. Elle permet de réduire la taille des fichiers audio sans perdre une qualité perceptible. Cela est particulièrement important pour le stockage et la transmission de grandes quantités de données.

#### a. Compression avec perte (Lossy)

La compression avec perte élimine certaines informations audio jugées non essentielles ou inaudibles pour l'oreille humaine, ce qui permet de réduire la taille du fichier audio de manière significative. Les deux normes les plus courantes sont :

- **MP3 (MPEG-1 Audio Layer 3)** : Probablement la norme la plus connue, elle est utilisée pour la compression de fichiers musicaux. Le format MP3 permet une réduction

importante de la taille des fichiers tout en conservant une qualité sonore acceptable pour les auditeurs.

- **AAC (Advanced Audio Coding)** : Utilisé dans de nombreux systèmes modernes comme les plateformes de streaming (Spotify, YouTube) et les systèmes de télévision numérique (DVB, ATSC). L'AAC offre une meilleure efficacité de compression que le MP3, ce qui signifie qu'il peut fournir une qualité sonore comparable avec un taux de compression plus élevé.

## b. Compression sans perte (Lossless)

La compression sans perte conserve toutes les informations du signal audio d'origine, permettant une reproduction exacte du son sans aucune perte de qualité. Cela est particulièrement recherché par les audiophiles et pour l'archivage professionnel. Les formats les plus utilisés sont :

- **FLAC (Free Lossless Audio Codec)** : Ce format est populaire pour le stockage de musique de haute qualité. Bien que la taille du fichier soit plus grande que pour le MP3 ou l'AAC, il n'y a aucune perte de données et il conserve toute la richesse du son original.
- **ALAC (Apple Lossless Audio Codec)** : Similaire au FLAC, mais utilisé principalement sur les appareils Apple et les plateformes iTunes.

## Transmission Audio Numérique

Une fois le son numérisé et/ou compressé, il doit être transmis à travers des réseaux, des médias physiques (comme des disques) ou des systèmes de diffusion (comme la télévision ou Internet).

### a. Diffusion Audio Multicanal

Les normes audio numériques modernes permettent la diffusion audio multicanal, ce qui permet une expérience sonore immersive. Par exemple :

- **Dolby Digital** : Utilisé dans les systèmes de son surround 5.1 canaux, ce format est couramment employé dans les films et la télévision pour améliorer l'expérience d'écoute avec plusieurs canaux (avant, arrière, centre, basses).
- **DTS (Digital Theater Systems)** : Un autre système de son surround qui offre des caractéristiques similaires à Dolby Digital, mais avec une compression différente.

### b. Transmission Audio sur Internet (Streaming)

Les plateformes de streaming utilisent souvent des codecs comme **AAC** ou **MP3** pour diffuser de la musique à travers Internet. Ces formats sont choisis pour leur capacité à maintenir une qualité sonore décente tout en minimisant la bande passante nécessaire pour la transmission.

## 3.2 Avantages des Normes Audio Numériques

Les normes audio numériques apportent de nombreux avantages :

- **Qualité sonore améliorée** : Les normes numériques permettent d'atteindre une meilleure fidélité sonore grâce à une plus grande précision dans l'échantillonnage et la conversion du signal.
- **Réduction de la taille des fichiers** : La compression permet de réduire la taille des fichiers audio tout en préservant la qualité, ce qui facilite le stockage et la transmission, particulièrement pour la musique, les films et la télévision.
- **Compatibilité mondiale** : Grâce aux normes audio numériques, les fichiers et les transmissions audio peuvent être utilisés et reproduits sur des millions de dispositifs dans le monde entier, garantissant ainsi une compatibilité globale.

### Note Importante

Les normes audio numériques ont révolutionné la manière dont nous créons, stockons, et consommons le son. Qu'il s'agisse de formats compressés comme le MP3 et l'AAC pour la diffusion sur Internet ou de formats sans perte comme le FLAC pour les audiophiles, ces normes permettent de garantir une qualité sonore optimale tout en facilitant la gestion des données. Grâce à ces normes, la musique, la télévision, et d'autres formes de médias numériques sont devenues plus accessibles, offrant des expériences sonores exceptionnelles sur des millions d'appareils à travers le monde.

## 4 Principales Recommandations UIT-R pour Normes audio

### 1. UIT-R BS.1116 (Transmission du son numérique)

- **Objectif** : Spécifier les exigences de la transmission du son dans les systèmes de diffusion numérique.
- **Caractéristiques** : Cette norme traite de la qualité sonore, de la compression audio, et de la transmission de l'audio en stéréo et multicanal.
- **Utilisation** : Appliqué dans les systèmes DVB (Digital Video Broadcasting), ATSC (Advanced Television Systems Committee), et d'autres formats de télévision numérique.

### 2. UIT-R BS.1387 (Compression audio numérique - AAC)

- **Objectif** : Standardiser la compression audio pour les systèmes de diffusion numérique.
- **Caractéristiques** : Utilisation de l'Advanced Audio Coding (AAC), un codec audio à haute efficacité qui offre une qualité sonore supérieure à des débits binaires réduits.

- **Utilisation** : Principalement utilisé dans les systèmes de diffusion audio numériques comme la radio numérique, la télévision numérique (DVB), et les services en ligne de streaming audio.

### 3. UIT-R BS.1196 (Transmission multicanal audio pour la télévision numérique)

- **Objectif** : Permettre la transmission de l'audio multicanal (par exemple, 5.1 ou 7.1 canaux) dans les systèmes de télévision numérique.
- **Caractéristiques** : Normes pour l'audio multicanal en utilisant des techniques de compression comme Dolby Digital ou DTS.
- **Utilisation** : Utilisé dans les systèmes de télévision numérique et dans les formats de diffusion audio de haute qualité, pour une expérience sonore immersive.

### 4. UIT-R BS.1388 (Transmission audio multicanal - 3D audio et formats surround)

- **Objectif** : Spécifier les techniques de transmission audio multicanal avancé, y compris le son 3D et les formats surround.
- **Caractéristiques** : Cette norme se concentre sur les techniques avancées de spatialisation du son, permettant une expérience audio encore plus immersive pour les systèmes de cinéma à domicile et la diffusion de contenu UHD.
- **Utilisation** : Appliqué dans les formats de diffusion moderne comme le son en 3D pour les expériences audio immersives dans les films et les jeux vidéo.

### 5. UIT-R BS.1384 (Compression de l'audio multicanal et gestion du son haute définition)

- **Objectif** : Définir les normes pour la compression de l'audio multicanal et l'optimisation des transmissions audio haute définition.
- **Caractéristiques** : Utilisation de formats de compression comme Dolby TrueHD ou DTS-HD Master Audio pour garantir une qualité sonore haute fidélité tout en réduisant les exigences de bande passante.
- **Utilisation** : Utilisé dans la diffusion de contenu audio haute définition et dans les systèmes de cinéma maison numériques.

### 6. UIT-R BS.1900 (Systèmes de sonorisation pour les services de diffusion numérique)

- **Objectif** : Définir les exigences relatives aux systèmes de sonorisation pour la diffusion de services audio numériques dans des environnements publics (ex. concerts, événements en plein air).
- **Caractéristiques** : Précise les normes de transmission audio numérique en temps réel, avec une gestion de la qualité et de la synchronisation audio.
- **Utilisation** : Utilisé pour les services de diffusion en direct et pour les applications de sonorisation dans les grands événements.

### Note Importante

Les normes UIT-R pour l'audio numérique jouent un rôle essentiel dans la diffusion de l'audio de haute qualité à travers différents canaux numériques. De la compression audio à la transmission multicanal et 3D, ces normes garantissent non seulement la compatibilité et l'interopérabilité entre les différents systèmes de diffusion, mais aussi une qualité sonore optimale pour les utilisateurs. L'avancement des technologies audio numériques continue de repousser les limites de l'expérience sonore, offrant aux auditeurs des expériences de plus en plus immersives et réalistes.

## 5 Normes vidéo Numérique

Les normes audio numériques sont des protocoles techniques qui encadrent la transmission, la qualité et la compatibilité du son dans les systèmes de diffusion numérique. Elles jouent un rôle essentiel dans la qualité de l'expérience audiovisuelle en garantissant un signal sonore clair, précis et adapté aux besoins des plateformes modernes. Parmi les principales normes audio numériques, on trouve notamment DVB, ATSC, ISDB, et NICAM. Chaque norme a été élaborée pour répondre aux exigences spécifiques des régions et des technologies en vigueur dans les pays où elles sont principalement utilisées.

## 6 Standards de Diffusion Numérique

Les systèmes de télévision numérique et de radiodiffusion numérique utilisent des normes audio numériques pour améliorer l'expérience utilisateur. Par exemple :

- **DVB (Digital Video Broadcasting)** : Un ensemble de normes utilisées pour la diffusion de contenu vidéo et audio numériques via satellite, câble et terrestre. Les normes audio associées, comme l'AAC, permettent de diffuser un son de haute qualité tout en optimisant l'utilisation de la bande passante.
- **ISDB (Integrated Services Digital Broadcasting)** : Utilisé principalement au Japon, ISDB intègre à la fois la vidéo et l'audio numériques, offrant des services de haute qualité aux téléspectateurs.
- Le **\*\*DVB\*\*, ou Digital Video Broadcasting** (diffusion vidéo numérique), est un standard international conçu pour la transmission de la télévision numérique. Initialement développé en Europe, le DVB est devenu l'une des normes les plus largement adoptées dans le monde pour diffuser des chaînes de télévision par différents moyens : terrestre, satellite, câble, et même l'Internet. Le DVB fonctionne comme un « langage » technique permettant aux chaînes et aux équipements télévisuels de se comprendre. En d'autres termes, grâce à ce standard, un téléviseur ou un décodeur compatible DVB peut recevoir et afficher des chaînes diffusées avec cette technologie, sans problème de compatibilité. Un des avantages majeurs du DVB est qu'il offre une bien meilleure qualité d'image et de son par rapport à l'ancien système analogique. Il permet aussi

de diffuser plus de chaînes sur une seule fréquence, augmentant ainsi la variété des programmes accessibles aux téléspectateurs. En plus de la vidéo, le DVB supporte différents formats audio, comme l'AC-3 et l'AAC, qui garantissent un son clair et souvent en qualité surround. Le DVB est flexible et évolutif : au fil des années, de nouvelles versions et variantes ont été introduites, comme le **\*\*DVB-T2\*\*** pour la télévision terrestre de deuxième génération, qui optimise encore plus la qualité et la capacité de diffusion. Grâce à ces évolutions, le DVB continue de répondre aux besoins des diffuseurs et des téléspectateurs dans un paysage médiatique en constante évolution.

- **Le **\*\*ATSC\*\*** (Advanced Television Systems Committee)** est un standard de diffusion de télévision numérique principalement utilisé en Amérique du Nord, notamment aux États-Unis, au Canada, au Mexique et en Corée du Sud. Créé par le comité éponyme dans les années 1980 et adopté officiellement dans les années 1990, ATSC a remplacé le standard analogique NTSC (National Television System Committee), offrant ainsi une avancée significative en matière de qualité de transmission et d'efficacité spectrale. ATSC est conçu pour diffuser des signaux télévisés en haute définition (HDTV) et en définition standard (SDTV) avec une compression de données avancée, permettant une transmission efficace de l'audio et de la vidéo. La norme utilise la modulation 8-VSB (Vestigial Sideband Modulation), qui est particulièrement adaptée pour les transmissions terrestres en raison de sa résistance aux interférences, bien que moins performante en termes de réception mobile par rapport à d'autres normes telles que DVB-T (utilisé en Europe) ou ISDB (utilisé au Japon et au Brésil). ATSC prend également en charge des canaux audio multicanaux, comme le son surround Dolby Digital, offrant une qualité sonore améliorée par rapport à NTSC. Par ailleurs, la norme ATSC inclut des spécifications pour des fonctionnalités interactives et des services de données, notamment la transmission de sous-titres, de guides de programmes électroniques et d'informations additionnelles. Avec l'évolution vers ATSC 3.0, le standard a intégré des fonctionnalités telles que la compatibilité avec la télévision en ultra haute définition (UHD), une meilleure gestion de la réception sur appareils mobiles, et des options de personnalisation accrues pour les utilisateurs.
- **L'ISDB, ou **\*\*Integrated Services Digital Broadcasting\*\***** est une norme de diffusion numérique qui a été développée au Japon et qui est aussi utilisée dans plusieurs pays d'Amérique du Sud, notamment au Brésil. C'est une technologie qui permet la diffusion de signaux numériques pour la télévision, la radio, et même pour des services supplémentaires comme la transmission de données. L'objectif principal de l'ISDB est d'améliorer la qualité des diffusions, en offrant une meilleure résolution d'image et une qualité sonore plus élevée par rapport aux systèmes analogiques anciens. Ce qui distingue l'ISDB des autres normes de diffusion, comme le DVB ou l'ATSC, c'est sa capacité à intégrer plusieurs services. En plus de diffuser les chaînes de télévision classiques, il permet aussi d'offrir des services interactifs, la télévision mobile, ainsi que des informations supplémentaires, comme les prévisions météo ou les informations de trafic. Il permet également une meilleure gestion du spectre des fréquences, ce qui rend la diffusion plus efficace et plus stable. Cependant, bien que l'ISDB présente plusieurs avantages, sa mise en œuvre a rencontré quelques difficultés. Par exemple, dans certains pays d'Amérique du Sud, la transition de la télévision analogique vers le numérique a

été plus lente que prévue, en raison de problèmes financiers et technologiques. De plus, certaines critiques soulignent que l'adoption de cette norme n'a pas toujours été aussi fluide qu'on l'aurait espéré. En résumé, l'ISDB représente une avancée importante dans la diffusion des contenus numériques, mais sa mise en œuvre n'est pas sans défis, particulièrement dans les régions où les infrastructures doivent encore être modernisées.

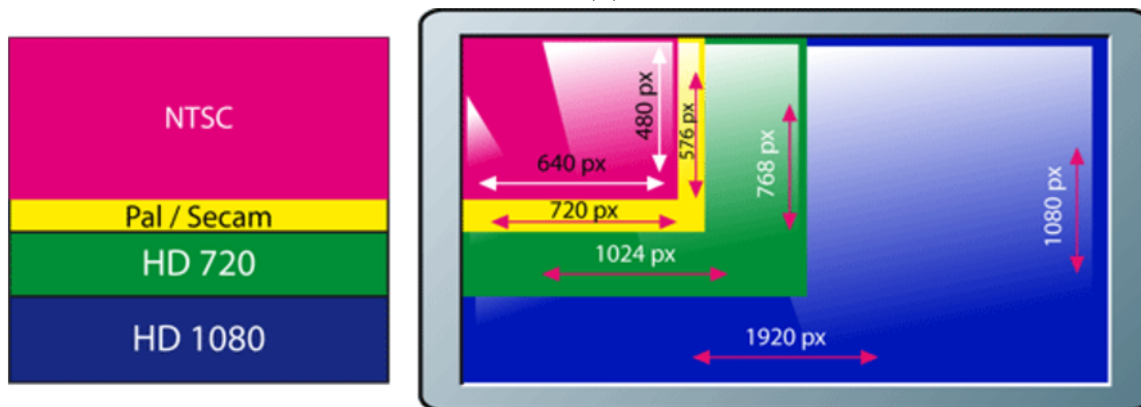
**NICAM (Near Instantaneous Companded Audio Multiplex)** est un système audio qui a été développé pour améliorer la qualité sonore de la télévision, surtout en Europe, à une époque où la télé était encore principalement analogique. Avant l'arrivée de ce système, la plupart des téléviseurs n'avaient qu'une seule sortie audio (mono), ce qui limitait la qualité sonore. Le NICAM a donc été conçu pour offrir un son stéréo, ce qui rendait l'expérience télévisuelle beaucoup plus agréable et réaliste. Le principe du NICAM repose sur la compression instantanée du signal audio et son multiplexage, permettant de diffuser un son de meilleure qualité sur les canaux analogiques existants sans avoir besoin de plus de bande passante. Cela a permis de transmettre deux canaux audio en stéréo tout en conservant une image vidéo de bonne qualité, un vrai progrès à l'époque. Introduit dans les années 1980, le NICAM a marqué une avancée majeure pour la télévision en Europe, apportant un son plus riche et plus précis aux téléspectateurs. Toutefois, avec l'arrivée de la télévision numérique, cette norme est devenue obsolète, remplacée par des technologies plus modernes offrant un meilleur contrôle sur l'audio et la vidéo. Même si aujourd'hui, le NICAM n'est plus utilisé, il reste une étape clé dans l'évolution de la télévision, et a joué un rôle important dans l'amélioration de la qualité du son dans les foyers européens.

Norme	Signification	Région d'utilisation	Type de signal	Type de transmission
<b>Année d'introduction</b>				
<b>DVB</b> 1995	Digital Video Broadcasting	Europe, Asie, Afrique, Moyen-Orient	Vidéo et audio numériques	Satellite, câble, terrestre, IPTV
<b>ATSC</b> 1996	Advanced Television Systems Committee	Amérique du Nord (USA, Canada, Mexique)	Vidéo et audio numériques	Terrestre, câble, satellite
<b>ISDB</b> 2000 (Japon), 2007 (Brésil)	Integrated Services Digital Broadcasting	Japon, Brésil, Amérique du Sud	Vidéo et audio numériques	Terrestre, satellite, câble
<b>NICAM</b> 1986	Near Instantaneous Companded Audio Multiplex	Europe	Audio (stéréo)	Télévision analogique

**Table 2.4:** Comparaison des normes DVB, ATSC, ISDB et NICAM



(a)



(b)

**Figure 2.1:** (a): Les standards de la télévision dans le monde, (b): Définitions pour les écrans

## 6.1 résume les caractéristiques des différents standards de télévision.

Le système **PAL** (**Phase Alternation Line**), d'origine allemande, fonctionne selon un principe similaire au système **NTSC**, mais corrige un de ses principaux défauts. Dans le PAL, la phase des signaux de chrominance est inversée à chaque ligne. Cette alternance permet de compenser les erreurs de couleur dues à des décalages de phase : une erreur sur une ligne est annulée par une erreur opposée sur la ligne suivante.

Le système de télévision couleur français, conçu par **Henri de France**, adopte une méthode différente. Les signaux de couleur sont transmis de manière séquentielle : par exemple, la ligne  $N$  transporte les signaux **Dr**, tandis que la ligne  $N+1$  transporte les signaux **Db**. Ces deux signaux, **Dr** et **Db**, sont indispensables simultanément pour reconstruire le signal **Dv**. Pour pallier ce décalage, le signal capté sur une ligne est

stocké temporairement en mémoire le temps de l'intervalle d'une ligne. Lorsque la ligne suivante est reçue, le signal Dv est recréé en combinant le signal actuel avec celui précédemment mémorisé. Ce procédé, basé sur une transmission séquentielle et l'utilisation d'une mémoire intermédiaire, est à l'origine du nom SECAM, qui signifie Séquentiel Couleur À Mémoire.

Standard	Définition analogique	Définition luminance	Définition chrominance	Format couleur
NTSC	525/60	720x480	360x480	4:2:2
PAL	625/50	720x576	360x576	4:2:2
SECAM	625/50	720x576	720x288	4:2:2

**Table 2.5:** Formats vidéo standards selon la norme CCIR 601.

## 6.2 Résumé des Standards Normes Audio et Vidéo Numérique : Recommandations UIT-R

Les normes audio et vidéo numériques recommandées par l'UIT-R (Union Internationale des Télécommunications - Secteur de la Radiocommunication) sont essentielles pour la diffusion et la gestion des signaux audio et vidéo à l'échelle mondiale. Ces normes visent à garantir l'interopérabilité des systèmes de diffusion et à promouvoir une qualité élevée des signaux numériques. Voici un résumé des principales recommandations de l'UIT-R en matière de normes audio et vidéo numériques.

### 1. UIT-R BT.601 (Standard de codage vidéo)

- **Objectif** : Codage vidéo pour la diffusion standard en définition (SD).
- **Caractéristiques** : Résolution d'image (720x576 pixels pour PAL) et codage 8 bits pour chaque composant de couleur.
- **Utilisation** : Principalement dans les systèmes de diffusion vidéo SD.

### 2. UIT-R BT.709 (Haute Définition)

- **Objectif** : Codage vidéo pour la haute définition (HD) avec des résolutions de 1280x720 et 1920x1080 pixels.
- **Caractéristiques** : Résolutions HD, gammes de couleurs adaptées aux écrans HD et systèmes de diffusion modernes.
- **Utilisation** : Utilisé dans la télévision numérique haute définition (HD).

### 3. UIT-R BT.2020 (Ultra Haute Définition - UHD)

- **Objectif** : Définir les spécifications pour la télévision Ultra Haute Définition (UHD), incluant 4K et 8K.
- **Caractéristiques** : Large gamme de couleurs (Rec. 2020) et support des formats de codage comme HEVC.
- **Utilisation** : Pour la diffusion de contenus UHD, 4K et 8K.

#### 4. UIT-R BS.1116 (Codage Audio - Diffusion Numérique)

- **Objectif** : Codage de l'audio dans les systèmes de télévision numérique.
- **Caractéristiques** : Compression de l'audio, contrôle de la dynamique et amélioration de la qualité sonore.
- **Utilisation** : Utilisé dans les systèmes de télévision numérique terrestre (DVB-T), satellite (DVB-S), câble (DVB-C), etc.

#### 5. UIT-R BS.1387 (Compression Audio)

- **Objectif** : Standardiser la compression audio pour assurer une qualité sonore optimale tout en réduisant le débit binaire.
- **Caractéristiques** : Utilisation de codecs comme AAC pour une qualité sonore à faible débit binaire.
- **Utilisation** : Utilisé dans les systèmes DVB, ATSC et ISDB pour une diffusion de haute qualité.

#### 6. UIT-R BS.1196 (Transmission Multicanal Audio)

- **Objectif** : Permettre la diffusion de signaux audio multicanaux (comme le 5.1) dans les systèmes de télévision numérique.
- **Caractéristiques** : Transmission audio multicanal (stéréo, 5.1, 7.1) en utilisant des formats comme Dolby Digital et DTS.
- **Utilisation** : Utilisé dans la diffusion HD et UHD pour une expérience sonore immersive.

#### 7. UIT-R BS.1359 (Signalisation Audio-Vidéo pour la Télévision Numérique)

- **Objectif** : Définir les protocoles de signalisation pour la transmission des signaux audio et vidéo numériques.
- **Caractéristiques** : Synchronisation des signaux vidéo et audio, gestion des métadonnées.
- **Utilisation** : Appliqué dans la gestion de la diffusion numérique, notamment pour les systèmes DVB et ATSC.

Les principales normes vidéo et audio pour le stockage ou la communication vidéo sont les suivantes :

- **SIF (Source Intermediate Format)** :
  - Norme ISO 11172 (codage vidéo et audio jusqu'à 1,5 Mb/s)
  - Résolution de 360x240 à 29,97 Hz en 525 lignes
  - Résolution de 360x288 à 25 Hz en 625 lignes
  - Format 4:2:0

- **CIF (Common Intermediate Format) :**
  - Normes H261 et H263 (codage vidéo jusqu'à Px64 Kb/s)
  - Résolution de 360x288 à 29,97 Hz
  - Format 4:2:0
- **QCIF (Quarter Common Intermediate Format) :**
  - Résolution de 180x144, sous-multiple de 29,94 Hz
  - Format 4:2:0

La norme **ISO 11172 (1993)** définit :

- La structure de multiplexage des signaux audio-vidéo pour le stockage à 1,5 Mb/s
- Le codage vidéo **MPEG-1**
- Le codage audio **MPEG-1**

La norme **ISO 13818 (1995)** définit :

- La structure de multiplexage
- Les résolutions et le codage vidéo **MPEG-2**
- Le codage audio **MPEG-2**

Ces normes spécifient les formats et codages pour la diffusion audio-vidéo par satellite, câble ou réseau terrestre.

#### Note Importante

Les normes UIT-R jouent un rôle crucial dans l'harmonisation des systèmes de diffusion audio et vidéo numériques. Elles garantissent la compatibilité entre les différentes technologies de diffusion (terrestre, satellite, câble, IPTV) et permettent une qualité sonore et visuelle optimale. Les recommandations UIT-R sont donc essentielles pour assurer une diffusion homogène et de qualité des contenus numériques à travers le monde.

### 6.3 Comparatif des Normes Audio et Vidéo numérique

Norme	Type	Usage	Avantages	Inconvénients
<b>MP3 (MPEG-1/2 Audio Layer III)</b>	Audio	Musique, podcasts, streaming	Compression élevée, grande compatibilité	Qualité réduite avec compression élevée
<b>AAC (Advanced Audio Codec)</b>	Audio	Streaming, services musicaux (ex : Apple Music, YouTube)	Meilleure qualité à même débit que MP3	Compatibilité légèrement inférieure à MP3
<b>WAV (Waveform Audio File Format)</b>	Audio	Production audio professionnelle	Qualité audio non compressée	Taille de fichier importante
<b>FLAC (Free Lossless Audio Codec)</b>	Audio	Musique, archivage audio	Compression sans perte, qualité CD	Taille plus grande que les formats compressés
<b>MP4 (MPEG-4 Part 14)</b>	Vidéo	Streaming, enregistrement vidéo	Polyvalence audio/vidéo, compression efficace	Dépend de la qualité de compression
<b>MKV (Matroska Video)</b>	Vidéo	Vidéos HD, films, archivage	Supporte plusieurs pistes audio/vidéo	Peut nécessiter des codecs spécifiques
<b>AVI (Audio Video Interleave)</b>	Vidéo	Vidéos de qualité sur PC	Simplicité, support large	Taille de fichier importante, compression moins efficace
<b>MOV (QuickTime File Format)</b>	Vidéo	Production et montage vidéo, Apple	Haute qualité, bonne compatibilité Mac	Fichiers volumineux
<b>H.264 (MPEG-4 Part 10)</b>	Vidéo	Streaming, Blu-ray, vidéo web	Bonne qualité à des débits faibles	Consommation de ressources élevée
<b>H.265 (HEVC – High Efficiency Video Coding)</b>	Vidéo	Ultra HD, 4K, streaming	Meilleure compression que H.264	Demande plus de puissance de calcul

Table 2.6: Comparatif des Normes Audio et Vidéo Numérique

---

---

## CHAPTER 3

---

# CHAPITRE 3: NORMES ASSOCIÉES AUX RÉSEAUX DE COMMUNICATION NUMÉRIQUE

1	Introduction . . . . .	47
2	Classifications des réseaux de communication. . . . .	47
3	Réseaux et normalisation. . . . .	53
4	Historique et évolution des réseaux. . . . .	54
5	Réseau numérique à intégration de services . . . . .	54
6	Rappels sur les modèles OSI et TCP/IP . . . . .	58
7	Les différents protocoles de niveaux trame et paquet. . . . .	60
8	Rôle et fonctions d'un protocole de liaison . . . . .	63
9	Les différents protocoles de niveaux segment . . . . .	63
10	Les protocoles de niveaux message. . . . .	63
11	Les protocoles de l'ADSL. . . . .	64

Les réseaux de communication jouent un rôle central dans l'interconnexion des systèmes et des utilisateurs. Ils se classent généralement selon leur échelle (LAN, MAN, WAN), leur topologie (en étoile, en anneau, en maillage), ou leur mode de transmission (filaire ou sans fil). La normalisation est essentielle pour garantir l'interopérabilité, assurée par des organismes comme l'ISO ou l'IETF.

## 1 Introduction

L'histoire des réseaux remonte à des systèmes rudimentaires comme le télégraphe, avant de progresser avec ARPANET, l'ancêtre d'Internet, jusqu'à l'infrastructure sophistiquée actuelle. Parmi les jalons notables, on trouve le développement des réseaux numériques à intégration de services (RNIS), permettant la transmission simultanée de voix, données et vidéos. Pour comprendre le fonctionnement des réseaux, les modèles OSI et TCP/IP sont essentiels. Le modèle OSI décompose les communications en 7 couches, tandis que TCP/IP, plus pragmatique, repose sur 4 couches. Les protocoles comme Ethernet (niveau trame) et IP (niveau paquet) assurent le transfert des données, tandis que TCP et UDP (niveaux segment et message) gèrent la fiabilité et la vitesse. Enfin, des technologies comme l'ADSL utilisent des protocoles spécifiques pour fournir une connexion Internet haut débit via des lignes téléphoniques, illustrant l'évolution continue des réseaux pour répondre aux besoins croissants en termes de vitesse et de capacité.

## 2 Classifications des réseaux de communication.

### 2.1 Selon la portée géographique

Catégorie	Description	Exemples et caractéristiques
<b>PAN (Personal Area Network)</b>	Interconnexion de quelques mètres entre équipements personnels.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Connecte des terminaux GSM, portables, organiseurs.</li> <li>• Usage : réseaux Bluetooth, NFC.</li> </ul>
<b>LAN (Local Area Network)</b>	Réseaux intra-entreprise ou locaux s'étendant sur plusieurs centaines de mètres.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Transports d'informations numériques d'entreprise.</li> <li>• Débits : de quelques mégabits à plusieurs centaines de mégabits par seconde.</li> <li>• Exemple : réseaux Wi-Fi, Ethernet dans les bureaux.</li> </ul>
<b>MAN (Metropolitan Area Network)</b>	Interconnexion à l'échelle d'une métropole pour entreprises et particuliers.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Relie les réseaux locaux (LAN) entre eux.</li> <li>• Haut débit, gestion spécialisée à l'échelle métropolitaine.</li> <li>• Exemple : Réseau fibre optique urbain.</li> </ul>
<b>WAN (Wide Area Network)</b>	Réseaux couvrant de grandes distances : pays, continents, voire mondiaux.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilisation de fibre optique terrestre ou de satellites hertziens.</li> <li>• Transport de données numériques à grande échelle.</li> <li>• Exemple : Internet.</li> </ul>

**Table 3.1:** Catégories de réseaux informatiques selon leur portée

## 2.2 Selon l'architecture

Catégorie	Description	Exemples et caractéristiques
<b>Réseaux centralisés</b>	Un point central contrôle l'ensemble du réseau, avec des clients connectés à ce serveur central.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Serveur centralisé, clients légers.</li> <li>• Exemple : Réseau client-serveur, services web.</li> </ul>
<b>Réseaux décentralisés</b>	Chaque nœud du réseau peut agir de manière indépendante, mais les nœuds sont interconnectés.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nœuds interconnectés avec des capacités de gestion distribuées.</li> <li>• Exemple : Réseaux Peer-to-Peer (P2P) comme BitTorrent.</li> </ul>
<b>Réseaux distribués</b>	Pas de contrôle central, chaque nœud est autonome et le réseau fonctionne par coopération des nœuds.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Autonomie des nœuds, utilisation partagée des ressources.</li> <li>• Exemple : Réseaux blockchain.</li> </ul>
<b>Réseaux hybrides</b>	Combinaison de réseaux centralisés et décentralisés, selon les besoins spécifiques.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Existence d'un serveur central et de nœuds autonomes.</li> <li>• Exemple : Cloud computing avec serveurs de stockage et de calcul distribués.</li> </ul>

**Table 3.2:** Catégories de réseaux informatiques selon leur architecture

## 2.3 Selon le mode de transmission

Mode de transmission	Description	Exemples et caractéristiques
<b>Réseaux filaires</b>	Les données sont transmises à travers des câbles physiques.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilisation de câbles tels que cuivre (Ethernet) ou fibre optique.</li> <li>• Exemples : Ethernet, fibre optique, réseaux téléphoniques fixes.</li> </ul>
<b>Réseaux sans fil</b>	Les données sont transmises sans utiliser de câbles, par ondes radio ou infrarouges.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Technologie basée sur des ondes radio, infrarouges, ou micro-ondes.</li> <li>• Exemples : Wi-Fi, Bluetooth, LTE, 5G.</li> </ul>
<b>Réseaux optiques</b>	Utilisent des câbles à fibre optique pour transmettre les données par des impulsions lumineuses.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Très haute vitesse, faible perte de signal.</li> <li>• Exemples : Fibre optique (FTTH), réseaux de backbone en fibre optique.</li> </ul>
<b>Réseaux hertziens</b>	Utilisent des ondes radioélectriques pour transmettre des données, souvent sur de longues distances.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilisation de satellites, micro-ondes, ou radiofréquences.</li> <li>• Exemples : Communication par satellite, WiMAX, réseaux radio.</li> </ul>

**Table 3.3:** Catégories de réseaux selon le mode de transmission

## 2.4 Selon l'usage

Usage	Description	Exemples et caractéristiques
<b>Réseaux d'entreprise</b>	Réseaux utilisés au sein des entreprises pour la gestion et la circulation des données professionnelles.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilisés pour connecter des ordinateurs, des serveurs, des imprimantes, et des bases de données.</li> <li>• Exemple : Intranet, réseaux locaux d'entreprise.</li> </ul>
<b>Réseaux publics</b>	Réseaux utilisés par le public pour l'accès à des services numériques et à Internet.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Permettent l'accès à des services de communication, de données et de divertissement.</li> <li>• Exemple : Internet, réseaux de téléphonie mobile.</li> </ul>
<b>Réseaux spécialisés</b>	Réseaux utilisés pour des applications ou des services très spécifiques, souvent dans des secteurs de niche.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dédiés à un usage particulier comme la finance, les gouvernements, ou les industries.</li> <li>• Exemple : Réseaux bancaires, réseaux militaires, réseaux médicaux.</li> </ul>
<b>Réseaux de transport de données</b>	Réseaux dédiés spécifiquement à la transmission de données entre différentes infrastructures.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Réseaux dédiés à l'échange de données à grande échelle entre des serveurs ou entre différents centres de données.</li> <li>• Exemple : Réseaux de backbone Internet, réseaux de fibre optique.</li> </ul>

**Table 3.4:** Catégories de réseaux selon l'usage

## 2.5 Selon la topologie

Topologie	Description	Exemples et caractéristiques
Topologie en bus	Tous les nœuds sont connectés à un câble central (le bus).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Le bus transmet les informations entre les nœuds.</li> <li>• Exemple : Réseau Ethernet 10BASE2 (coaxial).</li> </ul>
Topologie en anneau	Chaque nœud est connecté au suivant pour former un anneau. Les données circulent dans un seul sens ou dans les deux sens.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Les données circulent de manière séquentielle.</li> <li>• Exemple : Token Ring, certains réseaux fibre optique.</li> </ul>
Topologie en étoile	Tous les nœuds sont connectés à un dispositif central (hub ou switch).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Les données passent par le point central pour atteindre les autres nœuds.</li> <li>• Exemple : Réseaux Ethernet modernes, réseaux Wi-Fi.</li> </ul>
Topologie en mailage	Chaque nœud est connecté à tous les autres nœuds.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Très robuste, car la communication peut prendre plusieurs chemins.</li> <li>• Exemple : Réseaux de communication par satellite, certains réseaux WAN.</li> </ul>
Topologie en arbre	Une combinaison de topologies en étoile et en bus, avec des nœuds connectés de manière hiérarchique.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Souvent utilisée pour les réseaux d'entreprise ou les grandes infrastructures.</li> <li>• Exemple : Réseaux hiérarchiques dans les entreprises.</li> </ul>

Table 3.5: Catégories de réseaux selon la topologie

### 3 Réseaux et normalisation.

La normalisation peut être vue comme un ensemble de règles établies pour répondre à un besoin de manière uniforme et cohérente. Dans le domaine technique, elle permet de réduire les coûts de développement, de rationaliser la production, et d'élargir les marchés en offrant des produits et des solutions compatibles. Pour les consommateurs, la normalisation garantit l'interopérabilité des équipements, assure une indépendance par rapport à un fournisseur particulier, et protège la pérennité de leurs investissements à long terme.

En télécommunication, la normalisation est le fruit d'efforts collectifs d'organismes divers, allant des groupements de constructeurs aux institutions internationales. Elle couvre tous les aspects des réseaux de communication, des technologies utilisées à la gestion des infrastructures. En général, la normalisation n'est pas imposée, à l'exception de celle émanant de l'ETSI (European Telecommunications Standards Institute), qui se charge de la normalisation des réseaux publics et des moyens d'accès.

Les principaux groupements de constructeurs impliqués dans ce processus sont :

- **ECMA (European Computer Manufacturers Association)** : À l'origine constituée uniquement de constructeurs européens (Bull, Philips, Siemens...), l'ECMA comprend aujourd'hui tous les grands constructeurs mondiaux (DEC, IBM, NEC, Unisys...). En matière de télécommunications, l'ECMA comprend deux comités :
  - Le **TC23** pour l'interconnexion des systèmes ouverts
  - Le **TC24** pour les protocoles de communication
- **EIA (Electronic Industries Association)** : Connue, essentiellement, pour les recommandations **RS232C**, **449**, et **442**.

Les principaux organismes nationaux qui regroupent des industriels, des administrations et des utilisateurs sont :

- **AFNOR** : Association française de normalisation,
- **ANSI** : American National Standard Institute (États-Unis),
- **DIN** : Deutsches Institut für Normung (Allemagne), bien connu pour sa normalisation des connecteurs (prises DIN),
- **BSI** : British Standard Institute (Grande-Bretagne),
- **IEEE** : Institute of Electrical and Electronics Engineers, société savante constituée d'industriels et d'universitaires, est essentiellement connue par ses spécifications sur les bus d'instrumentation (IEEE 488) et par ses publications concernant les réseaux locaux (IEEE 802), reprises par l'ISO (IS 8802),
- **l'ISO** (International Organization for Standardization) regroupe environ 90 pays. L'ISO est organisée en *Technical Committees* (TC), qui sont environ 200, divisés en *Sub-Committees* (SC), eux-mêmes subdivisés en *Working Groups* (WG). La France est représentée par l'AFNOR.

- L'**CEI** (Commission électrotechnique internationale), affiliée à l'ISO, en est la branche électricité.
- L'**UIT-T** (Union internationale des télécommunications), secteur des télécommunications, a succédé en 1996 au **CCITT** (Comité consultatif international télégraphie et téléphonie), et publie des recommandations. Ces recommandations sont éditées tous les 4 ans sous forme de recueils. Les domaines d'application sont identifiés par une lettre :
  - **V** : Concerne les modems et les interfaces,
  - **T** : S'applique aux applications télématiques,
  - **X** : Désigne les réseaux de transmission de données,
  - **I** : Se rapporte au RNIS,
  - **Q** : Intéresse la téléphonie et la signalisation.

## 4 Historique et évolution des réseaux.

## 5 Réseau numérique à intégration de services

c'est le RNIS (Réseau numérique à intégration de service ou ISDN, Integrated Service Digital Network). La numérisation du réseau nécessite une conversion analogique/numérique en entrée du réseau et numérique/analogique en sortie. Un usager qui désire utiliser  $n$  communications téléphoniques simultanées doit être raccordé par  $n$  lignes (lignes groupées, les lignes groupées sont vues, pour le réseau, sous un même numéro). La numérisation autorise très simplement le multiplexage, d'où l'idée de réaliser des liaisons numériques de bout en bout, une seule ligne physique peut alors acheminer plusieurs communications téléphoniques. De l'Accès Analogique à l'Accès Numérique

La transition vers la numérisation du réseau téléphonique implique deux conversions essentielles :

- **Analogique à numérique** : lors de l'entrée des signaux dans le réseau.
- **Numérique à analogique** : lors de leur sortie.

### 5.1 L'évolution des accès avec le concept RNIS

L'information est désormais numérisée de bout en bout, jusqu'aux abonnés. Cette avancée permet à une seule ligne d'abonné de transporter plusieurs canaux, ouvrant ainsi la voie à de nouvelles fonctionnalités et usages.

Grâce à la technologie RNIS, les données numériques peuvent être utilisées sur la boucle locale, offrant ainsi des débits nettement améliorés aux utilisateurs distants. Conçu pour être un réseau entièrement numérique, le RNIS assure une connectivité numérique de bout en bout en transmettant des données numériques même sur une ligne téléphonique analogique.

Année	Événements majeurs
1980	La DARPA commence la conversion des protocoles d'ARPANET en TCP/IP.
1983	Migration complète vers Internet avec l'adoption obligatoire du TCP/IP. ARPANET est scindé en deux réseaux : ARPANET et Milnet.
1983	La DARPA encourage l'adoption des protocoles TCP/IP avec des versions à bas coût pour les universités.
1985	La NSF commence le développement d'un programme pour relier ses six centres de supercalculateurs.
1986	Lancement de <b>NSFNET</b> , un réseau fédérateur qui interconnecte les centres de calcul de la NSF et ARPANET.
1987	Internet connaît un taux de croissance de 15% par an, qui atteint 60% par an à partir des années suivantes.
1987-2000	Les entreprises privées commencent à adopter Internet, et les <b>intranets</b> apparaissent, des réseaux internes non connectés à Internet.
2000-présent	<b>Wi-Fi</b> : L'apparition du Wi-Fi permet la connexion sans fil dans des espaces publics, à la maison ou au bureau. Les appareils se connectent via des fréquences radio, éliminant le besoin de câbles physiques.
2000-présent	<b>Internet mobile</b> : Le développement des réseaux 3G et 4G offre un accès à Internet via smartphones et tablettes, permettant une connectivité mobile partout où ces réseaux sont disponibles.
2000-présent	<b>Internet des objets (IoT)</b> : Les objets du quotidien (réfrigérateurs, voitures, montres, etc.) sont désormais connectés à Internet, permettant la collecte de données et l'automatisation.
2020-présent	<b>5G</b> : Le déploiement de la 5G permet des vitesses de connexion ultra-rapides, une latence extrêmement faible, et une capacité accrue de connecter des dispositifs, facilitant la transition vers des villes intelligentes et des réseaux encore plus denses.

**Table 3.6:** Les étapes clés du développement du réseau Internet.

## 5.2 Normes et Recommandations sur le RNIS

Voici une liste structurée des principales normes et recommandations relatives au RNIS (*Réseau Numérique à Intégration de Services*), regroupées par organismes de normalisation.

### 1. Recommandations de l'UIT-T (Union Internationale des Télécommunications - Secteur T)

#### – Série I : Concepts et Interfaces RNIS

- \* **I.120** : Concepts généraux et terminologie du RNIS.
- \* **I.210** : Principes des services RNIS.
- \* **I.320** : Architecture des protocoles RNIS.
- \* **I.430** : Interface utilisateur pour l'accès de base RNIS.
- \* **I.431** : Interface utilisateur pour l'accès primaire RNIS.

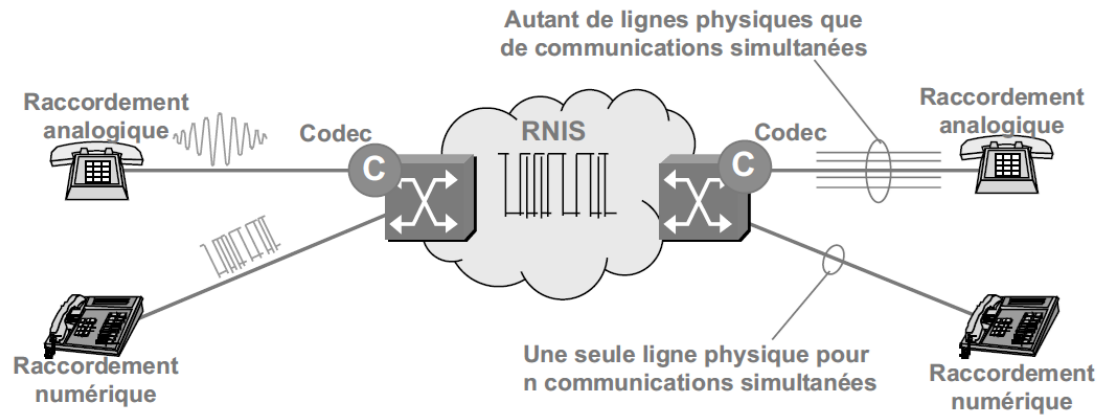


Figure 3.1: De l'analogique au numérique.

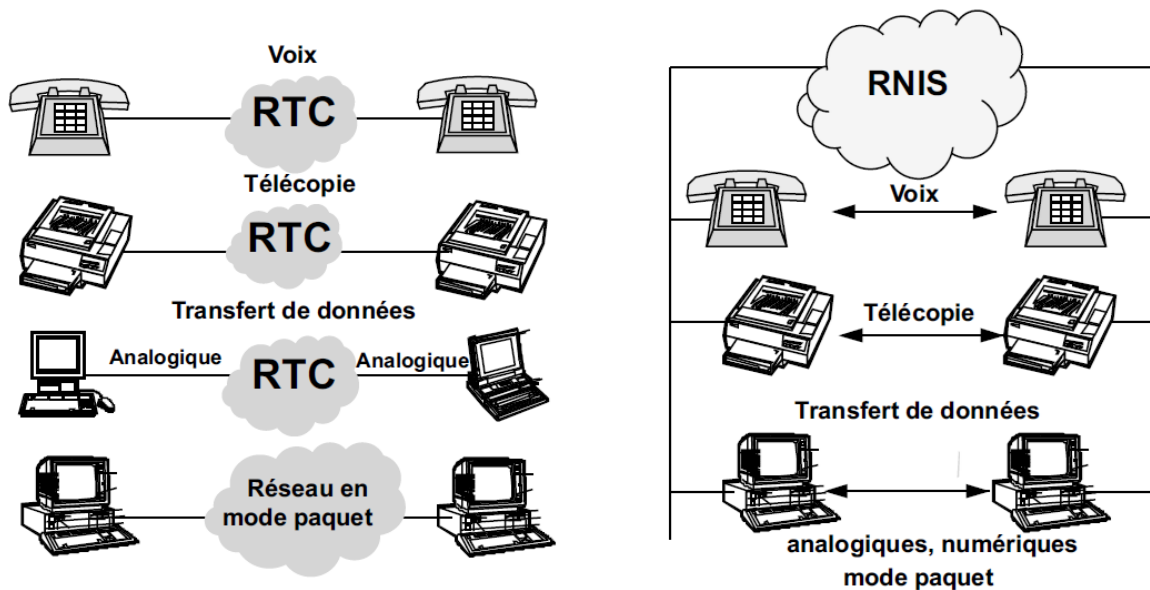


Figure 3.2: L'évolution des accès avec le concept RNIS

\* **I.440–I.451** : Couche 3 des protocoles RNIS (signalisation et contrôle d'appel).

– **Série Q : Signalisation**

\* **Q.921** : Protocole LAP-D pour la couche de liaison RNIS.

\* **Q.931** : Protocole de signalisation pour l'établissement et la gestion des appels.

\* **Q.932** : Compléments pour les services supplémentaires RNIS.

– **Série E : Numérotation et routage**

\* **E.164** : Plan de numérotation pour les réseaux RNIS et téléphoniques.

**2. Normes ISO/IEC (Organisation Internationale de Normalisation / Commission Électrotechnique Internationale)**

– **ISO/IEC 8877** : Connecteurs pour l'interface RNIS (modèle RJ45).

– **ISO/IEC 9646** : Méthodologie de test pour les protocoles de communication (appliqué au RNIS).

– **ISO/IEC 10589** : Routage des communications RNIS (IS-IS).

– **ISO/IEC 10646** : Codage des caractères pour la transmission de texte sur RNIS.

**3. Normes IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers)**

– **IEEE 802.3** : Norme pour Ethernet (souvent utilisé comme transport sous-jacent pour le RNIS).

– **IEEE 802.6** : Réseaux métropolitains et leur interaction avec les réseaux RNIS.

– **IEEE 802.1D** : Bridging et commutation dans les réseaux connectés via le RNIS.

**4. Normes ETSI (European Telecommunications Standards Institute)**

– **ETS 300 102** : Services de base du RNIS et spécifications des protocoles.

– **ETS 300 125** : Gestion des services supplémentaires RNIS.

– **ETS 300 403** : Spécifications des terminaux RNIS.

**5. Recommandations ITU-T pour les Services Supplémentaires (Série Q.95x)**

– **Q.951** : Cadre général pour les services supplémentaires.

– **Q.952** : Signalisation pour l'appel en attente.

– **Q.953** : Signalisation pour le transfert d'appel.

– **Q.955** : Service de conférence.

## 6. Recommandations de Sécurité et Compatibilité

- **G.960–G.961** : Interfaces physiques et de transmission pour le RNIS.
- **H.320** : Vidéoconférence sur RNIS.
- **T.30** : Transmission des télécopies via RNIS.

## 7. Autres Normes et Spécifications

- **RFC 791 (IETF)** : Utilisation de l'IP sur les réseaux RNIS.
- **RFC 1618** : Multiprotocoles sur RNIS.

# 6 Rappels sur les modèles OSI et TCP/IP

## Correspondance entre les normes ISO et IEEE

L'architecture TCP/IP tire son nom des deux protocoles principaux qui la composent, à savoir TCP et IP. Elle a été définie dans les années 1960 pour le réseau ARPAnet et a connu une évolution significative avec l'expansion d'Internet. Les chapitres 6 et 7, consacrés à Internet ainsi qu'à ses protocoles fondamentaux, TCP et IP, en expliquent en détail le fonctionnement.

La compatibilité (l'interopérabilité) entre équipements hétérogènes (constructeurs, fonctions ou générations de matériels différents. . .) implique des normes d'interconnexion définissant le comportement de chaque équipement vis-à-vis des autres. Tout équipement (ou ensemble d'équipements) à interconnecter est un système ouvert (un ordinateur, un terminal, un réseau. . .), s'il respecte des normes d'interconnexion. Le modèle OSI est une architecture abstraite de communication, décrit dans la norme X.200 de l'ITU. Il est composé de sept couches, chacune remplissant une partie bien définie des fonctions permettant l'interconnexion. Les normes ISO et IEEE se complètent dans divers domaines de l'ingénierie, notamment les réseaux. Voici un exemple de correspondance entre les couches du modèle ISO/OSI et les normes IEEE associées :

### Note Importante

Open System Interconnection se traduit en français par « interconnexion des systèmes ouverts », ce qui donne l'acronyme ISO. Pour éviter toute confusion entre le modèle et l'organisme de normalisation, nous parlerons du modèle OSI.

ISO/OSI	Norme IEEE	Description
Physique	802.3 (Ethernet), 802.11 (Wi-Fi)	Décrit les aspects matériels : câbles, connecteurs, et signaux.
Liaison de données	802.2 (LLC), 802.3 (MAC)	Contrôle l'accès au média, gère les collisions, identifie les appareils via des adresses MAC.
Réseau	<i>Non spécifique</i> (IP par l'IETF)	Gère le routage des paquets avec des protocoles comme IP.

**Table 3.7:** Correspondance entre le modèle ISO/OSI et les normes IEEE.

## Comparaison entre le modèle OSI et l'architecture TCP/IP

Modèle OSI (7 couches)	Architecture TCP/IP (4 couches)
Application (7) Présentation (6) Session (5)	<b>3*Application</b>
Transport (4)	<b>Transport</b>
Réseau (3)	<b>Internet</b>
Liaison de données (2) Physique (1)	<b>2*Accès Réseau</b>

**Table 3.8:** Comparaison des couches entre le modèle OSI et TCP/IP

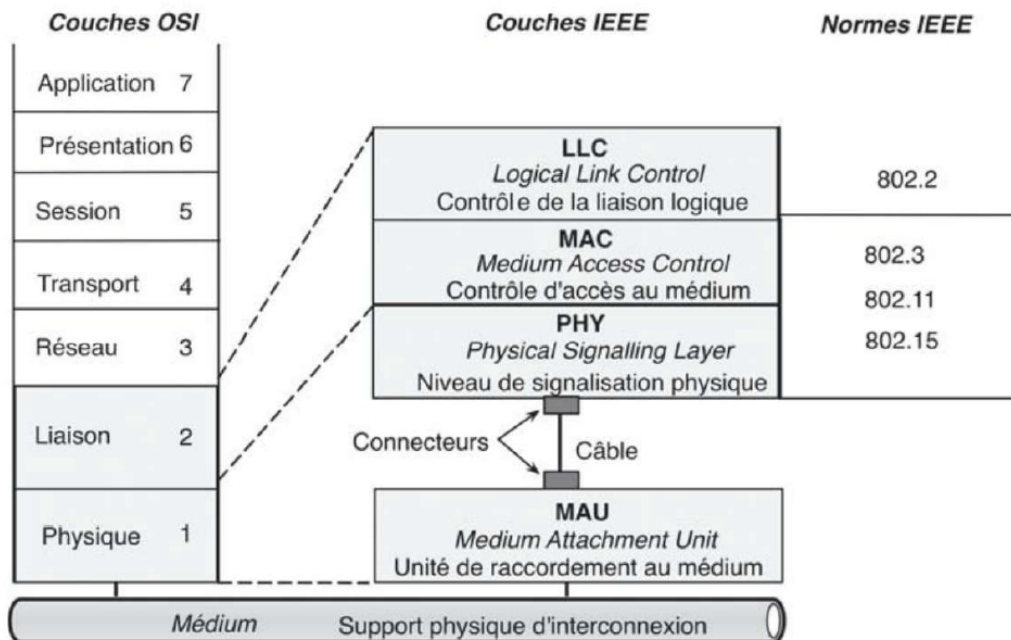


Figure 3.3: La correspondance entre les normes ISO et IEEE.

## 7 Les différents protocoles de niveaux trame et paquet.

### 7.1 les protocoles de niveaux trame.

Le circuit de données pouvant altérer les informations transportées, le protocole de liaison de données le supervise et définit un ensemble de règles pour assurer la fiabilité des échanges sur une liaison de données. Ce protocole spécifie :

- Le **format des unités de données échangées** (les trames), leur délimitation.
- Les moyens de **contrôler leur validité**, comme la parité, les codes polynomiaux, etc.
- Le **mode de correction des erreurs** détectées.
- Les règles du **dialogue** entre les deux extrémités de la liaison.

Il exerce également deux fonctions importantes :

- Le **contrôle de flux**, qui est un mécanisme vérifiant le rythme d'envoi des informations.
- La **gestion des acquittements**, qui valide la réception des informations.

#### Exemples de protocoles

- **HDLC** (High level Data Link Control) : un exemple de protocole normalisé très répandu, orienté bit, transparent à tous les codes, dans lequel toutes les trames ont le même format. Il permet d'exploiter une liaison bidirectionnelle simultanée avec contrôle d'erreurs, de séquence et de flux.

- **PPP** (Point to Point Protocol) : une version très simplifiée de HDLC, utilisée dans Internet.

**Rôle et fonctions d'un protocole de liaison** Pour permettre à des machines de communiquer entre elles, il est nécessaire de définir un ensemble de règles concernant plusieurs aspects de cette communication, tels que la structure des échanges, le format des messages, leur ordre, le codage des informations, et la vitesse de transmission. Ces règles, qui ressemblent à celles d'une langue (comme la grammaire et l'orthographe), sont appelées des protocoles de communication ou protocoles de liaison de données. Un logiciel de communication, installé sur les appareils qui doivent échanger des informations, applique ces protocoles. Afin de garantir que différents équipements puissent communiquer entre eux, des organismes de normalisation ont travaillé à l'élaboration de protocoles de communication qui soient compatibles à l'échelle internationale.

#### Note Importante

Un protocole est un ensemble de règles et de formats de données à respecter pour échanger des données dans de bonnes conditions entre deux équipements ou deux programmes. Un protocole de liaison de données a pour objet de rendre fiable le circuit de données.

Définir un protocole de liaison de données revient à spécifier plusieurs éléments clés :

- le format des trames échangées ;
- les règles permettant de délimiter les trames (début et fin) et de vérifier leur validité ;
- la position et la signification des différents champs présents dans une trame ;
- la méthode employée pour détecter les erreurs ;
- les règles qui régissent le dialogue entre les équipements (supervision de la liaison) ;
- les procédures à suivre en cas de détection d'erreurs ou de panne de la liaison.

## 7.2 Les protocoles de paquet.

La couche réseau assure un transfert de données entre deux systèmes d'extrémité à travers un ou plusieurs sous-réseaux physiques (systèmes relais). Elle fournit les fonctions de routage et garantit aux entités de transport un service réseau uniforme indépendamment des technologies utilisées dans les sous-réseaux physiques traversés. Deux fonctions essentielles en découlent :

- la localisation des systèmes (adressage),
- l'adaptation de la taille des unités de données (NPDU) aux capacités des différents sousréseaux traversés.

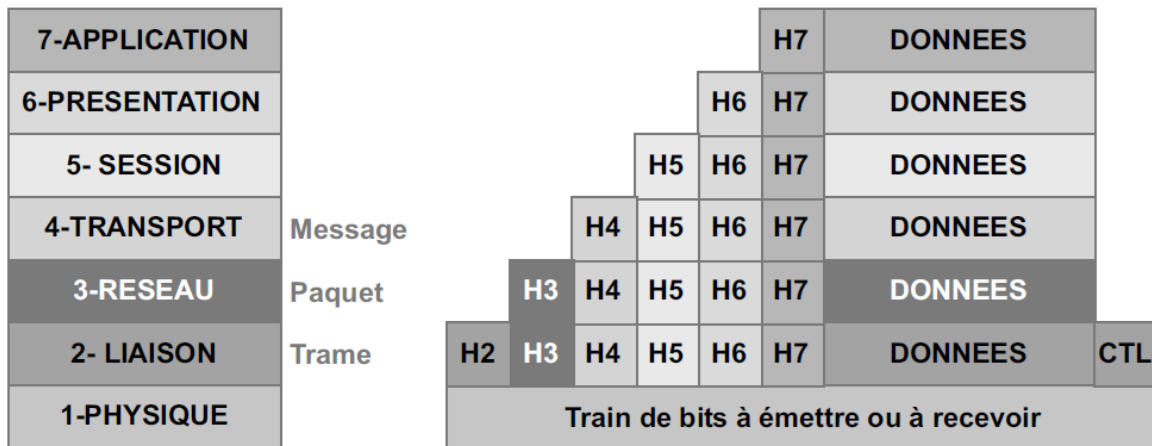


Figure 3.4: L'encapsulation des données dans le modèle OSI.

#### Note Importante

Le paquet est l'unité d'information de base transférée via le réseau. Le paquet de base consiste en un en-tête avec les adresses des systèmes émetteur et récepteur, ainsi qu'un corps, ou champ de données, avec les données à transférer. Lorsque le paquet parcourt la pile de protocoles TCP/IP, les protocoles de chaque couche ajoutent ou suppriment des champs de l'en-tête de base. Lorsqu'un protocole sur le système émetteur ajoute des données à l'en-tête du paquet, le processus s'appelle encapsulation de données. De plus, chaque couche possède un terme différent pour le paquet modifié,

Le rôle de la couche paquet (niveau transfert) est, d'une part, de fournir les moyens d'établir, de maintenir et de libérer des connexions réseau entre systèmes ouverts et, d'autre part, de fournir les moyens fonctionnels et les procédures nécessaires pour échanger, entre entités de transport, des unités du service de réseau.

La normalisation de la couche 3 comporte les normes suivantes :

- **ISO 8348**, ou **CCITT X.213**, qui définit le service réseau.
- **ISO 8208**, ou **CCITT X.25**, qui définit le protocole réseau en mode avec connexion. Ce protocole est le plus souvent appelé **X.25**, et tous les grands réseaux publics du monde suivent cette recommandation.
- **ISO 8473**, qui définit le protocole de réseau en mode sans connexion, connu sous le nom d'**Internet ISO**. C'est une normalisation du protocole développé par le département de la Défense américain sous le nom d'**IP (Internet Protocol)**.
- **ISO 8878**, ou **CCITT X.223**, qui décrit l'utilisation de **X.25** pour obtenir le service réseau orienté connexion.
- **ISO 8648**, qui définit l'organisation interne de la couche réseau.

- **ISO 8880**, en quatre parties, qui définit les différentes combinaisons possibles de protocoles pour rendre un service de niveau 3 conforme à la normalisation.
- **ISO 8881**, qui permet l'adaptation du niveau 3 de **X.25** sur un réseau local possédant un protocole de liaison de type **LLC 1**.

## 8 Rôle et fonctions d'un protocole de liaison

C'est la norme ISO 8886, ou CCITT X.212, qui définit le service procuré par la couche 2. Les autres normes importantes de l'architecture ISO sont les suivantes :

- ISO 3309 et 4335 pour la normalisation du protocole de liaison HDLC (High-level Data Link Control) ;
- ISO 3309, pour la structure des trames ou LPDU ;
- ISO 4335 et 7809, pour les éléments de procédure ;
- ISO 8471, pour la description de la classe en mode équilibré de HDLC ;
- ISO 7776, pour la description de la norme CCITT LAP-B dans un contexte ISO.

## 9 Les différents protocoles de niveaux segment

## 10 Les protocoles de niveaux message.

Les différentes classes du niveau 4 vont de logiciels très simples, qui ne font que formater les données provenant du niveau supérieur et les déformater à l'arrivée, à des logiciels de communication complexes, qui reprennent l'ensemble des fonctionnalités des trois niveaux inférieurs. On peut y trouver une zone de détection d'erreur et des algorithmes de reprise sur erreur. Des redémarrages sur perte de message ou de paquet signalée par la couche inférieure font également partie des outils disponibles dans ces logiciels.

Les principales normes de cette couche sont les suivantes :

- **ISO 8072**, ou **CCITT X.214**, qui définit le service transport.
- **ISO 8073**, ou **CCITT X.224**, qui définit le protocole de transport orienté connexion et qui possède, comme nous l'avons vu, cinq classes sous-jacentes.
- **ISO 8602**, qui définit un protocole de transport en mode sans connexion.

## 10.1 Les protocoles de la couche transport.

Les différentes classes du niveau 4 vont de logiciels très simples, qui ne font que formater les données provenant du niveau supérieur et les déformater à l'arrivée, à des logiciels de communication complexes, qui reprennent l'ensemble des fonctionnalités des trois niveaux inférieurs. On peut y trouver une zone de détection d'erreur et des algorithmes de reprise sur erreur. Des redémarrages sur perte de message ou de paquet signalée par la couche inférieure font également partie des outils disponibles dans ces logiciels.

Les principales normes de cette couche sont les suivantes :

- ISO 8072, ou CCITT X.214, qui définit le service transport.
- ISO 8073, ou CCITT X.224, qui définit le protocole de transport orienté connexion et qui possède, comme nous l'avons vu, cinq classes sous-jacentes.
- ISO 8602, qui définit un protocole de transport en mode sans connexion.

## 11 Les protocoles de l'ADSL.

Voici quelques-unes des principales normes ADSL :

- **G.992.1 (G.dmt)** : La première norme ADSL, qui permet de transmettre des données sur une ligne téléphonique classique tout en permettant l'utilisation simultanée de la voix. Elle divise la ligne en différentes bandes de fréquence pour éviter les interférences.
- **G.992.2 (G.lite)** : Une version simplifiée du G.dmt, qui ne nécessite pas de filtre séparant les données de la voix, ce qui rend l'installation plus facile. Cependant, elle offre des débits légèrement plus bas.
- **G.992.3 (ADSL2)** : Une version améliorée de l'ADSL classique, offrant de meilleures vitesses de téléchargement et une meilleure portée. Elle est aussi plus stable sur des lignes de qualité variable.
- **G.992.5 (ADSL2+)** : Cette norme permet d'atteindre des vitesses encore plus élevées que l'ADSL2, en utilisant davantage de bandes de fréquence pour transmettre les données. Elle est idéale pour les connexions haut débit.
- **G.997.1** : Une norme qui définit la gestion des modems ADSL à distance. Elle permet aux fournisseurs d'accès Internet de surveiller et de configurer les modems sans avoir à se rendre chez l'utilisateur.

Ces normes permettent de fournir des services Internet haut débit via des lignes téléphoniques, avec des améliorations successives pour offrir de meilleures vitesses, une plus grande portée et une fiabilité accrue.

---

---

## CHAPTER 4

---

# CHAPITRE 4: LES PROTOCOLES DES RÉSEAUX SANS FIL ET DES RÉSEAUX MOBILES

1	Les protocoles 802.11. . . . .	66
2	Les protocoles 802.15 . . . . .	71
3	Les protocoles 802.16 . . . . .	71
4	Les protocoles GSM . . . . .	73
5	Les protocoles 3G (UMTS) . . . . .	74
6	3G – UMTS (Universal Mobile Telecommunication System) . . . . .	77
7	4G – LTE (Long Term Evolution) . . . . .	78

Les réseaux sans fil devient un pilier essentiel des moyens de communication, en particulier lors de catastrophes comme les incendies et les tremblements de terre, ou dans les systèmes susmentionnés.

L'avantage le plus important des systèmes de radio sans fil terrestres réside dans leur couverture géographique relativement étendue par rapport aux systèmes de communication cellulaires (comme les systèmes mobiles de troisième génération, 3G, 4G et autres). À cela s'ajoutent la simplicité et le faible coût des équipements nécessaires pour assurer cette couverture, en comparaison avec les systèmes de communication cellulaire, ainsi qu'une fiabilité élevée qui caractérise ces systèmes.

# 1 Les protocoles 802.11.

## 1.1 Introduction

Les réseaux locaux sans fil connaissent un essor remarquable grâce à la flexibilité de leur interface, permettant aux utilisateurs de se déplacer au sein de l'entreprise tout en restant connectés. Ces réseaux offrent des débits pouvant atteindre plusieurs mégabits par seconde, voire plusieurs dizaines de mégabits par seconde. Bien que des technologies comme le Wi-Fi ou le WiMax ne soient pas initialement conçues pour la boucle locale, elles sont de plus en plus utilisées pour couvrir des zones urbaines ou même des villes entières. La technologie centrale permettant la création de réseaux sans fil abordables repose sur les protocoles de la famille 802.11, communément appelés Wi-Fi (Wireless Fidelity). Les standards radio de cette série, tels que 802.11a, 802.11b et 802.11g, ont connu une popularité remarquable en Europe et aux États-Unis. L'adoption de ces protocoles communs a permis aux fabricants du monde entier de produire des équipements parfaitement interopérables. Cette approche a représenté un avantage significatif, profitant autant aux acteurs de l'industrie qu'aux utilisateurs finaux.

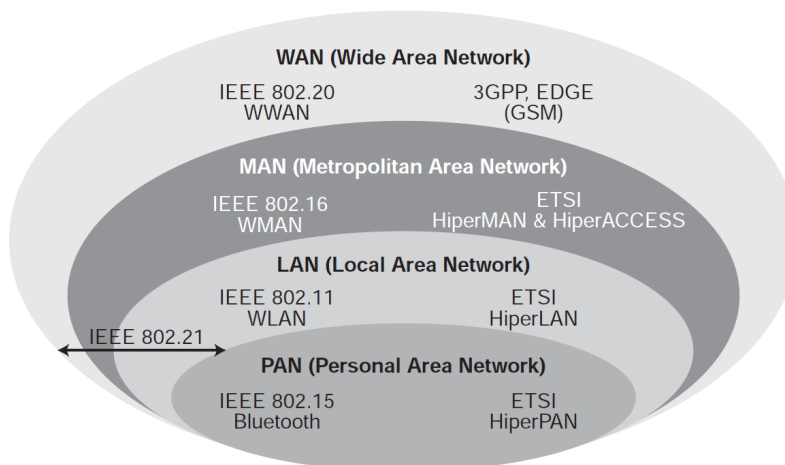


Figure 4.1: Les différents réseaux sans fil

## 1.2 Les principales normes IEEE

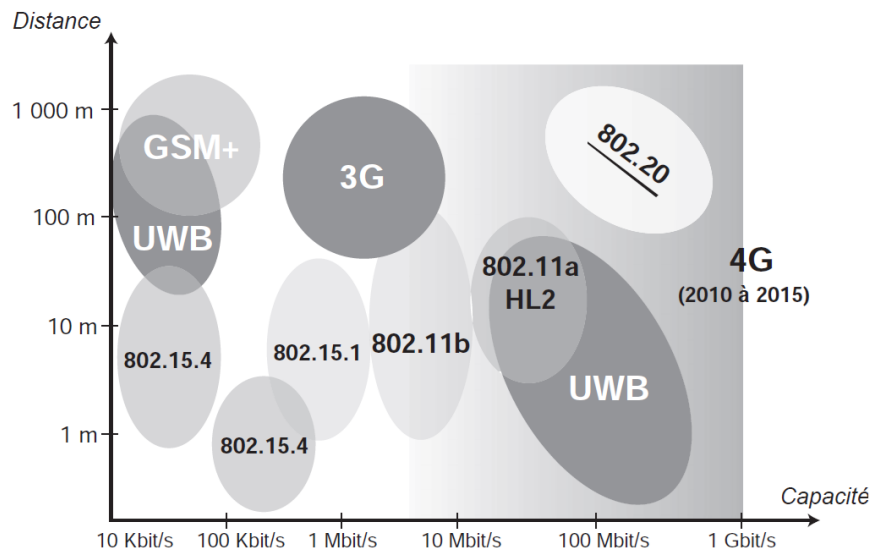
Les principales normes IEEE pour les réseaux sans fil sont les suivantes :

- **IEEE 802.15** : Conçue pour les réseaux personnels sans fil (WPAN), cette norme permet la communication entre dispositifs à courte portée, typiquement dans un rayon d'une dizaine de mètres, comme pour les technologies Bluetooth.
- **IEEE 802.11** : Plus connue sous le nom de Wi-Fi, elle est dédiée aux réseaux locaux sans fil (WLAN), offrant une connectivité sur plusieurs dizaines de mètres, idéale pour les maisons, bureaux et espaces publics.
- **IEEE 802.16** : Cette norme cible les réseaux métropolitains sans fil (WMAN), avec une portée qui dépasse les dix kilomètres. Elle est utilisée notamment pour des connexions à longue distance dans des environnements urbains ou ruraux, comme avec la technologie WiMAX.
- **IEEE 802.20** : Axée sur les réseaux sans fil à large couverture (WWAN), elle prend en charge les très grands réseaux, offrant une connectivité mobile à l'échelle régionale, nationale ou internationale, comparable aux technologies cellulaires modernes comme la 4G ou la 5G.

## 1.3 Comparaison des normes IEEE 802

Le comité 802 de l'IEEE, composé principalement de représentants des fabricants américains, a développé l'architecture des réseaux locaux (LAN). Plusieurs standards ont été établis pour préciser cette architecture, comme illustré dans la figure suivante :

- Le standard 802.1 définit le contexte général des réseaux locaux informatiques.



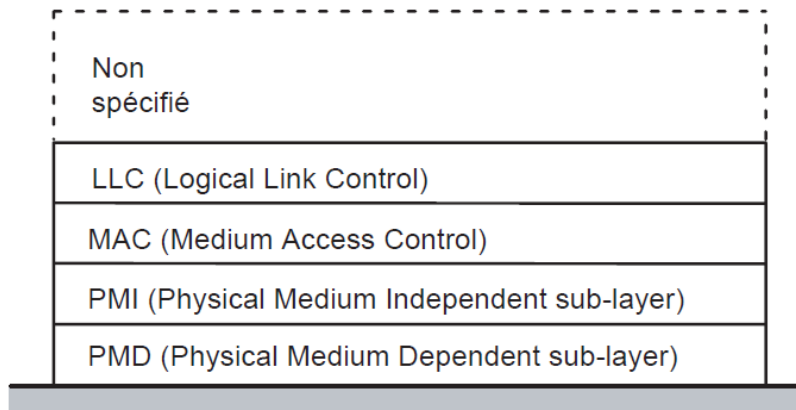
**Figure 4.2:** Principales normes des réseaux sans fil

- Le standard 802.2 définit la couche Liaison de données.
- Les standards 802.3, 802.4, 802.5 et 802.6 définissent différents protocoles d'accès au support, pour plusieurs types de supports physiques : paire métallique, câble coaxial ou fibre optique.
- Le standard 802.11 définit un protocole d'accès pour les réseaux locaux sans fil (WLAN, Wireless LAN).

Norme IEEE 802	Domaine	Objectif principal	Support physique	Exemples d'utilisation
<b>802.1</b>	Architecture générale	Définit le cadre global pour les réseaux locaux (LAN) et métropolitains (MAN), y compris les VLAN et QoS.	Non spécifique	Gestion de réseaux complexes avec VLAN et priorisation.
<b>802.2</b>	Liaison de données (LLC)	Détermine la sous-couche LLC pour la gestion de la communication entre dispositifs.	Non spécifique	Communication entre différentes couches réseau.
<b>802.3</b>	Ethernet	Protocole standard pour les réseaux filaires basés sur Ethernet.	Paire torsadée, câble coaxial, fibre optique	Réseaux LAN filaires dans les entreprises et domiciles.
<b>802.4</b>	Token Bus	Protocole pour réseaux en bus utilisant un passage de jeton (peu utilisé aujourd'hui).	Câble coaxial	Automatisation industrielle (anciennement).
<b>802.5</b>	Token Ring	Protocole basé sur une topologie en anneau avec passage de jeton.	Câble coaxial ou paire torsadée	Anciennes installations LAN (remplacé par Ethernet).
<b>802.6</b>	Réseaux métropolitains (MAN)	Définition d'une architecture pour réseaux MAN utilisant une technologie DQDB.	Fibre optique	Réseaux de grandes villes (moins pertinent aujourd'hui).
<b>802.11</b>	Réseaux locaux sans fil (WLAN)	Norme pour les communications sans fil (Wi-Fi).	Ondes radio	Réseaux Wi-Fi dans les maisons, entreprises et espaces publics.

**Table 4.1:** Comparaison des principales normes IEEE 802

la couche physique est quelquefois découpée en deux niveaux : PMI (Physical Medium Independent sub-layer) qui assure le codage en ligne indépendamment du type de support de transmission utilisé, et PMD (Physical Medium Dependent sub-layer), qui s'occupe de l'émission physique du signal.



**Figure 4.3:** Modèle IEEE des réseaux locaux (IEEE 802)

#### Note Importante

**Par rapport au modèle OSI**, l'architecture normalisée dans les réseaux locaux découpe la couche Liaison en deux sous-couches : MAC (Medium Access Control) et LLC (Logical Link Control). La première règle l'accès au support partagé. Elle filtre les trames reçues pour ne laisser passer que celles réellement destinées à l'équipement concerné. La seconde gère l'envoi des trames entre équipements, quelle que soit la technique d'accès au support. Les spécifications de l'IEEE ne concernent donc pas les couches situées au-dessus de LLC.

## 1.4 Wi-Fi (IEEE 802.11)

La normalisation réalisée par le groupe de travail IEEE 802.11 pour les réseaux locaux sans fil (WLAN, Wireless Local Area Network) a conduit à la création du label Wi-Fi. Les communications dans ce cadre peuvent s'effectuer soit directement entre deux stations, sans possibilité pour l'une d'entre elles de relayer des paquets vers une autre station terminale, soit en utilisant une borne d'accès pour centraliser les échanges. Les débits varient généralement entre une dizaine et plusieurs dizaines de mégabits par seconde, selon la méthode de codage employée. Parmi ces techniques, **\*\*FHSS\*\*** (Frequency Hopping Spread Spectrum) fonctionne par sauts de fréquence, tandis que **\*\*DSSS\*\*** (Direct Sequence Spread Spectrum) repose sur un codage continu. La standardisation mise en place par le groupe de travail IEEE 802.11 pour les réseaux locaux sans fil (WLAN, Wireless Local Area Network) a donné naissance au label Wi-Fi. Les communications peuvent s'établir soit directement entre deux stations, sans qu'aucune ne puisse relayer les paquets vers une autre station terminale, soit via une borne d'accès qui centralise les échanges. À partir d'un point d'accès, diverses fréquences situées dans la bande de 2,4 à 2,485 GHz peuvent être utilisées. Ces fréquences sont analysées en détail dans le chapitre 21, dédié aux réseaux locaux sans fil. Sur une même fréquence, plusieurs utilisateurs peuvent partager simultanément le support de communication, ce qui

nécessite l'utilisation d'une technique d'accès basée sur le protocole MAC.

La méthode d'accès généralement utilisée est le **\*\*CSMA/CD\*\*** (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection), couramment déployée dans les réseaux Ethernet. Cependant, dans les réseaux sans fil, la détection des collisions n'étant pas réalisable, on utilise à la place le **\*\*CSMA/CA\*\*** (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance). Pour minimiser les collisions, des temporisateurs spécifiques sont attribués à chaque station. Lorsque qu'une station détecte un canal libre après avoir écouté la porteuse, elle peut transmettre ses données avec une probabilité de collision quasi inexistante. Une collision ne peut se produire que si deux stations émettent exactement au même instant, dans un intervalle de temps aussi court qu'une microseconde.

## 2 Les protocoles 802.15

Le groupe IEEE 802.15 a été créé en mars 1999 pour se pencher sur les réseaux sans fil à courte portée, d'environ une dizaine de mètres, appelés WPAN (Wireless Personal Area Network). L'objectif principal était de faciliter les connexions entre les appareils portables d'un même utilisateur ou de plusieurs utilisateurs.

Normes WLAN	Nom commercial	Débit théorique (Mbit/s)	Portée max
ETSI 300 652	Hiperlan1	20	–
ETSI (en cours)	Hiperlan2	54	30 m
802.11a	Wi-Fi	54	40 m
802.11b	Wi-Fi	11	90 m
802.11g	Wi-Fi	54	70 m
HomeRF 1.0	HomeRF	1,6	50 m

**Table 4.2:** Normes WLAN, leur débit théorique et leur portée maximale.

Le groupe de travail IEEE 802.15 est divisé en quatre sous-groupes :

- **IEEE 802.15.1** : pour les réseaux de catégorie C ;
- **IEEE 802.15.3** : pour les réseaux de catégorie B ;
- **IEEE 802.15.4** : pour les réseaux de catégorie A ;
- **IEEE 802.15.2** : pour s'occuper des problèmes d'interférences avec les autres réseaux utilisant la bande des 2,4 GHz.

## 3 Les protocoles 802.16

Le groupe de travail 802.16 a mis en place des sous-groupes pour s'attaquer à des problèmes distincts. Le groupe de travail de base a normalisé un accès métropolitain dans la bande des 10-66 GHz, avec une vue directe entre les antennes et un protocole point-à-point. Finalisée

Normes WPAN	Nom commercial	Débit théorique (Mbit/s)	Portée max
IrDA FIR (Fast IR)	-	4	1 m
802.15.1	Bluetooth	1	30 m
802.15.3	Bluetooth 2	12	10 m
802.15.4	Zigbee	0,250	75 m

**Table 4.3:** Normes WPAN : débit théorique et portée maximale.

en 2001, cette norme a été complétée par les extensions 802.16c, en 2002, qui introduit les profils système WiMax, et 802.16d, en 2004, qui apporte des correctifs, ainsi que les éléments nécessaires à une compatibilité avec la future extension 802.16e.

Une autre extension, la norme 802.16a, introduite en 2003, couvre la bande de fréquences de 2 à 11 GHz et permet l'utilisation de protocoles multipoints en complément de l'architecture de communication point-à-point initiale.

La norme 802.16e vise à étendre WiMax aux dispositifs mobiles, permettant ainsi des connexions xDSL vers des terminaux mobiles. Elle utilise des fréquences comprises entre 2 et 6 GHz.

Les différences entre ces normes et la norme 802.11 sont multiples. Tout d'abord, la portée est bien plus étendue, atteignant parfois plus de 10 km, contre seulement quelques dizaines ou centaines de mètres pour le Wi-Fi. De plus, la technologie 802.16 est moins sensible aux interférences dues au multitrajet et pénètre plus efficacement à l'intérieur des bâtiments. Elle est également mieux adaptée pour gérer l'expansion sur de grandes zones géographiques.

<b>Protocoles 802.11</b>		
<b>Protocoles</b>	<b>Débit théorique (Mbit/s)</b>	<b>Portée max</b>
802.11a	54	35 m
802.11b	11	100 m
802.11g	54	100 m
802.11n	600	250 m
802.11ac	1300	100 m
802.11ax	9600	100 m
<b>Protocoles 802.15</b>		
<b>Protocoles</b>	<b>Débit théorique (Mbit/s)</b>	<b>Portée max</b>
802.15.1 (Bluetooth)	1-3	100 m
802.15.2 (Coexistence)	-	-
802.15.3 (UWB)	110	10 m
802.15.4 (Zigbee)	250	100 m
<b>Protocoles 802.16</b>		
<b>Protocoles</b>	<b>Débit théorique (Mbit/s)</b>	<b>Portée max</b>
802.16a	75	50 km
802.16e	75-100	30 km
802.16d	75-100	50 km
802.16m	1000	100 km

**Table 4.4:** Comparaison des protocoles 802.11, 802.15 et 802.16 avec débit et portée

## 4 Les protocoles GSM

En 1970, la CEPT (Conférence européenne des Postes et Télécommunications) a commencé à travailler sur la création d'une norme unique pour la communication mobile. Elle a également alloué une bande de 25 MHz dans la gamme des 900 MHz pour mettre en place un réseau cellulaire. Un groupe de travail appelé le "groupe spécial mobile" (GSM) a été formé pour mener ces études. En 1987, treize pays européens ont convenu de développer ensemble un réseau GSM.

En 1990, la bande de fréquence des 1 800 MHz a été adaptée sous le nom de DCS 1800 (Digital Communication System 1800 MHz). À cette époque, l'ETSI (Institut Européen des Normes de Télécommunication) a pris le relais de la CEPT pour finaliser la normalisation des réseaux GSM900 et DCS 1800. Aux États-Unis, une version du GSM a été adoptée pour la bande des 1 900 MHz, sous le nom de DCS1900. Les principes fondamentaux du GSM restent les mêmes pour les trois variantes.

Le GSM est un système de communication complet qui inclut non seulement l'interface radio, mais aussi les interfaces entre le système radio et le système de commutation, ainsi que l'interface utilisateur. Les appels sont régis par la norme Q.931, qui est également utilisée dans le RNIS (Réseau Numérique à Intégration de Services) et pour le relais de trames.

Le terminal mobile se compose de deux éléments principaux : le terminal portatif et la carte SIM. Cette carte à puce contient les informations de l'utilisateur et les détails de son

abonnement.

De nombreux canaux sont disponibles sur l'interface radio GSM pour la transmission des données et des différents contrôles : m Le canal plein débit **TCH/FS** (Traffic CHannel/Full Speed), au débit net de 13 Kbit/s, pour la transmission de la parole ou des données. Ce canal peut être remplacé par :

- Le canal demi-débit **TCH/HS** (Traffic CHannel/Half Speed) à 5,6 Kbit/s.
- Le canal plein débit pour les données à 9,6 Kbit/s, pour la transmission de données à un débit net de 12 Kbit/s.
- Le canal demi-débit pour les données à 4,8 Kbit/s, pour la transmission de données à un débit net de 6 Kbit/s.

Le GSM définit les relations entre les différents équipements qui constituent le réseau de mobiles :

- sous-système radio **BSS** ;
- sous-système réseau **NSS** (Network SubSystem), avec ses bases de données pour la localisation des utilisateurs **HLR** et **VLR** ;
- relations entre les couches de protocoles et les entités du réseau ;
- interfaces entre sous-système radio (**BSS**) et sous-système réseau (**NSS**) ;
- itinérance (*roaming*).

## 5 Les protocoles 3G (UMTS)

L'UMTS désigne la norme ETSI pour la troisième génération.

### 5.1 1G - NMT (Nordic Mobile Telephone)

Le système **NMT** (Nordic Mobile Telephone) a été mis en service en 1981. Il repose sur une technologie de téléphonie analogique sans fil et utilise une modulation radio similaire à celle des stations de radio FM.

- **Mise en service** : 1981
- **Technologie** : Téléphonie analogique sans fil, modulation radio similaire à celle des stations FM.

**Avantages et Inconvénients**    **Avantages :**

- **Premier système de radiotéléphones analogiques sans fil** : Permettant une communication mobile.

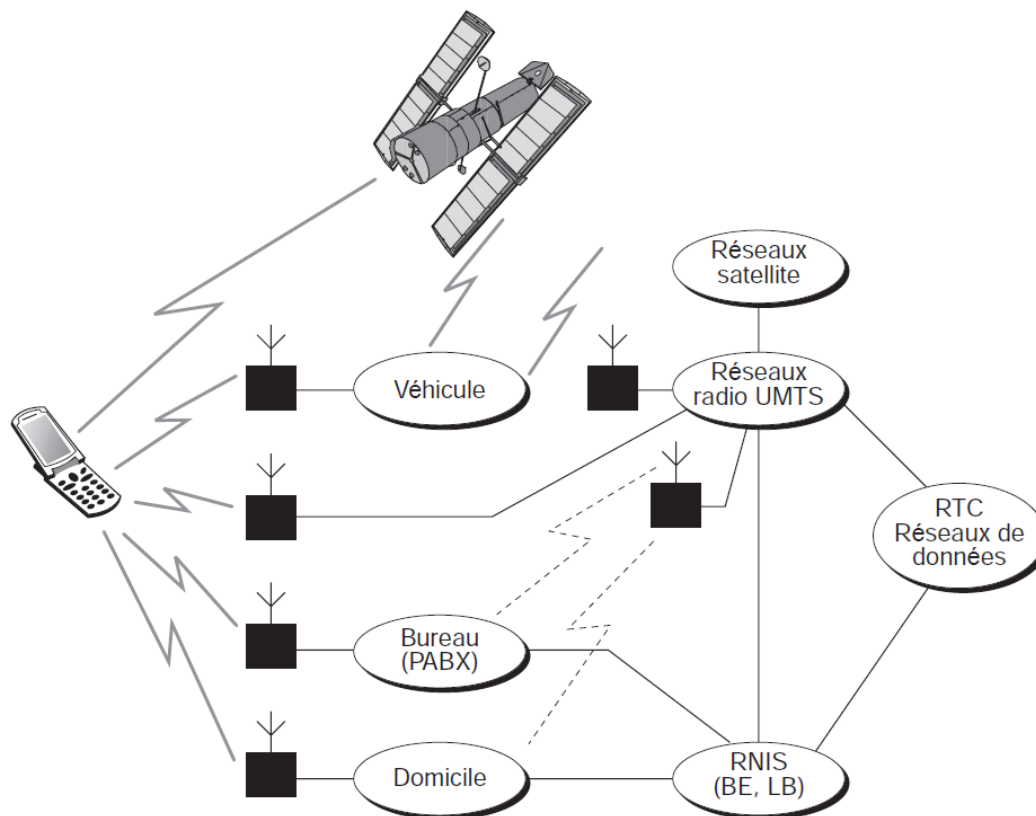


Figure 4.4: Réseau UMTS

**Inconvénients :**

- **Taille imposante des équipements** : Les premiers appareils étaient très volumineux et peu pratiques à transporter.
- **Pas de confidentialité des communications** : En raison de la nature analogique du signal, les communications pouvaient être interceptées facilement.
- **Réseaux saturés** : À mesure que la demande augmentait, les réseaux devenaient congestionnés et offraient des performances dégradées.

**5.2 2G - GSM (Global System for Mobile Communications)**

Le **GSM** (Global System for Mobile Communications) a été développé à partir de 1990. Il représente la première technologie de téléphonie numérique sans fil, offrant des services de voix et de données mobiles. Son débit moyen est comparable à celui du FAX, c'est-à-dire 9,6 kbits/sec.

- **Développement** : À partir de 1990
- **Technologie** : Première technologie de téléphonie numérique sans fil
- **Débit moyen** : 9,6 kbits/sec (similaire à celui du FAX)

### Avantages et Inconvénients **Avantages :**

- **Meilleure qualité d'écoute :** Par rapport aux systèmes analogiques, la qualité des appels est nettement améliorée grâce à la numérisation du signal.
- **Taille réduite :** Les équipements sont plus compacts par rapport aux premiers téléphones 1G.
- **Confidentialité des communications :** La numérisation permet une meilleure sécurité des appels et la confidentialité des communications.

### **Inconvénients :**

- **Débit lent pour l'envoi de données :** Le débit de transmission de données reste faible, avec des vitesses similaires à celles du FAX, rendant l'envoi de données plus lent.

## 5.3 2.5G – GPRS (General Packet Radio Service)

Le **subsection** (General Packet Radio Service) est une évolution de la norme GSM, permettant d'atteindre un débit théorique d'environ 171,2 kbit/s, avec un débit réel avoisinant les 30 kbit/s. L'objectif principal de cette évolution est de permettre l'accès aux réseaux IP, facilitant ainsi l'accès à Internet et à d'autres services basés sur les données.

- **Débit théorique :** 171,2 kbit/s
- **Débit réel :** environ 30 kbit/s
- **Objectif principal :** Accéder aux réseaux IP

### Avantages et Inconvénients

#### Avantages :

- **Débit amélioré :** GPRS offre des débits supérieurs à ceux des réseaux 2G, permettant un meilleur accès aux données.
- **Accès WAP :** Il permet un accès au web mobile allégé via le WAP (Wireless Application Protocol).
- **Facturation à la donnée :** Le modèle de facturation basé sur la quantité de données utilisées permet plus de flexibilité pour l'utilisateur.
- **Connexion permanente possible :** GPRS permet une connexion permanente au réseau, facilitant l'accès aux services de données en continu.
- **Support de plusieurs niveaux de qualité de service :** GPRS permet de prioriser les données et d'offrir différentes qualités de service, selon les besoins des utilisateurs.

#### Inconvénients :

- **Pas d'accès satisfaisant à Internet** : Bien que plus rapide que les réseaux 2G, l'accès à Internet via GPRS reste limité et ne permet pas une expérience utilisateur comparable à celle des technologies plus récentes.
- **Réseau GSM déjà saturé** : La saturation du réseau GSM dans certaines zones peut limiter les performances de GPRS.
- **Aucune application décisive pour le grand public** : Les applications offertes par GPRS ne sont pas suffisantes pour attirer massivement le grand public, surtout comparées aux solutions plus avancées comme la 3G.

## 5.4 2.75G – EDGE (Enhanced Data for GSM Evolution)

Le **EDGE** (Enhanced Data for GSM Evolution) a été développé en 2005 pour améliorer les performances des réseaux GSM. Cette technologie offre des débits réels d'environ 177 kbits/s et introduit une nouvelle modulation, l'**8-PSK** (8-Phase Shift Keying), qui permet d'augmenter l'efficacité du spectre.

- **Développement** : 2005
- **Débit réel** : environ 177 kbit/s
- **Modulation** : 8-PSK (8-Phase Shift Keying)

### Avantages et Inconvénients    **Avantages :**

- **Solution alternative moins onéreuse que la 3G** : EDGE permet une amélioration des performances par rapport à GPRS sans nécessiter un investissement aussi important que pour les technologies 3G.
- **Débit plus élevé que le GPRS** : Grâce à la modulation 8-PSK, EDGE permet un débit supérieur à celui de GPRS, améliorant ainsi l'expérience utilisateur pour la transmission de données.

### **Inconvénients :**

- **Obligation de changer de terminal** : Pour bénéficier des améliorations d'EDGE, les utilisateurs doivent disposer de terminaux compatibles avec cette technologie.

## 6 3G – UMTS (Universal Mobile Telecommunication System)

Le **UMTS** (Universal Mobile Telecommunication System) a été développé en 2004, avec sa première version *Release 99* (R99). Il fonctionne sur la bande de fréquences 1900-2000 MHz et permet un débit réel d'environ 384 kbits/s, soit huit fois plus rapide que le GPRS.

- **Développement** : 2004 (Version Release 99)

- **Bande de fréquence** : 1900-2000 MHz
- **Débit réel** : environ 384 kbit/s (8 fois plus rapide que le GPRS)

## Avantages et Inconvénients

### Avantages :

- **Accès Internet haut-débit** : Permet un accès à Internet haut-débit depuis un équipement mobile ou un ordinateur, facilitant la navigation et les services en ligne.
- **Visiophonie** : La visiophonie devient possible, offrant la possibilité de passer des appels vidéo en plus des appels vocaux classiques.
- **Télévision mobile** : Le système permet la diffusion de la télévision sur les appareils mobiles, offrant ainsi un accès à des contenus multimédia en mobilité.

### Inconvénients :

- **Coût** : Les services et l'infrastructure liés à UMTS peuvent être coûteux, tant pour les utilisateurs que pour les opérateurs de réseau.
- **Changement des équipements usagers** : L'adoption de la 3G nécessite un changement d'équipement pour les usagers, car les anciens appareils ne sont pas compatibles avec UMTS.

## 7 4G – LTE (Long Term Evolution)

Le **LTE (Long Term Evolution)**, standard de la 4G, a été introduit en 2009 pour répondre aux besoins croissants de données mobiles. Il représente une évolution majeure par rapport à la 3G en termes de débit, de latence et de capacité à gérer les services multimédias.

- **Développement** : 2009
- **Bande de fréquence** : 700 MHz à 2,6 GHz (selon les régions)
- **Débit réel** : environ 100 Mbit/s en mobilité et jusqu'à 1 Gbit/s dans des conditions optimales

## Avantages et Inconvénients

### Avantages :

- **Internet très haut débit** : La 4G offre un accès Internet mobile ultra-rapide, permettant la navigation fluide, le streaming vidéo HD, et les téléchargements rapides.
- **Streaming et services multimédias** : Prise en charge des services multimédias avancés comme les vidéos en 4K, les appels VoIP, et les jeux en ligne.

- **Faible latence** : Idéal pour des applications interactives comme les vidéoconférences et les jeux en temps réel.
- **Compatibilité IP** : Entièrement conçu pour le protocole IP, facilitant l'intégration avec les réseaux Internet existants.

#### Inconvénients :

- **Coût d'infrastructure** : Les opérateurs doivent investir massivement dans les antennes, stations de base et autres infrastructures pour supporter la 4G.
- **Consommation d'énergie** : Les appareils compatibles 4G consomment généralement plus d'énergie, ce qui réduit leur autonomie.
- **Changement d'équipement** : Comme pour la 3G, les utilisateurs doivent changer leurs terminaux pour des appareils compatibles 4G.
- **Couverture initiale limitée** : À son lancement, la couverture réseau était souvent incomplète, particulièrement dans les zones rurales.

## 7.1 5G – Fifth Generation Mobile Network

La **5G**, ou cinquième génération de réseaux mobiles, a été introduite en 2019. Elle représente une avancée significative en termes de vitesse, de capacité et de latence par rapport à la 4G. Ce standard est conçu pour répondre aux besoins croissants des appareils connectés, des applications industrielles et des technologies émergentes comme l'IoT, la réalité augmentée (AR) et la réalité virtuelle (VR).

- **Développement** : 2019
- **Bande de fréquence** : Sub-6 GHz (FR1) et ondes millimétriques (mmWave, FR2)
- **Débit réel** : Jusqu'à 10 Gbit/s dans des conditions optimales
- **Latence** : Inférieure à 1 ms

### Avantages et Inconvénients

#### Avantages :

- **Ultra-haut débit** : Permet des téléchargements et des streams en qualité 4K ou 8K, ainsi qu'une expérience de navigation instantanée.
- **Faible latence** : Idéal pour les applications critiques comme les véhicules autonomes, la chirurgie à distance et les jeux en ligne en temps réel.
- **Capacité accrue** : Supporte un grand nombre d'appareils connectés simultanément, répondant aux besoins de l'Internet des Objets (IoT).
- **Applications émergentes** : Facilite le développement des technologies AR, VR et des usines intelligentes.

**Inconvénients :**

- **Coût élevé** : Les infrastructures nécessaires pour la 5G, comme les antennes mmWave, sont coûteuses à déployer.
- **Consommation énergétique** : Les appareils et stations de base 5G consomment plus d'énergie, posant des défis environnementaux.
- **Portée limitée des ondes millimétriques** : Les fréquences mmWave offrent une faible couverture, nécessitant un grand nombre d'antennes.
- **Changement d'équipement** : Nécessite des appareils compatibles 5G, impliquant des coûts pour les consommateurs.

Génération	Standard	Technologie et Caractéristiques	Débit réel
1G	NMT, AMPS	Téléphonie analogique, modulation FM, pas de transfert de données	Voix uniquement
2G	GSM	Téléphonie numérique, SMS, meilleure qualité et confidentialité	9.6 kbit/s
2.5G	GPRS	Transmission par paquets, accès aux réseaux IP, WAP	30 kbit/s
2.75G	EDGE	Modulation 8-PSK, débit supérieur au GPRS	177 kbit/s
3G	UMTS, CDMA2000	Internet haut débit, visiophonie, télévision mobile	384 kbit/s
3.5G	HSDPA	Téléchargement rapide, meilleure latence que la 3G	14 Mbit/s
4G	LTE	Internet mobile rapide, VoIP, streaming vidéo HD	100 Mbit/s
5G	NR (New Radio)	Ultra-haut débit, faible latence, IoT, AR/VR	1-10 Gbit/s

---

---

# CHAPTER 5

---

## CHAPITRE 5 : LES PROTOCOLES INTERNET

1	Internet (Historique et évolution) . . . . .	82
2	Classification des protocoles Internet . . . . .	86
3	Classification des protocoles Internet . . . . .	88
4	Protocoles des services de messagerie (SMTP, POP, IMAP) . . . . .	90
5	Protocoles des services d'information . . . . .	94

L'Internet constitue l'épine dorsale de la communication moderne, reliant des milliards d'appareils à travers le monde. Derrière son apparente simplicité se cache une structure complexe de protocoles qui permettent de transmettre, recevoir et organiser l'information de manière fiable et efficace. Ce chapitre explore les bases des protocoles Internet, leur classification et leur rôle dans la mise en œuvre de divers services.

# 1 Internet (Historique et évolution.)

## 1.1 introduction

L'Internet, avec un grand « I », tel que nous le connaissons maintenant est une infrastructure de communication à l'échelle planétaire issue de l'interconnexion de réseaux informatiques publics et privés. Mais à l'origine le concept d'Internet s'écrivait avec un petit « i », et désignait simplement l'idée d'« interconnected network » ou d'« inter-networking » puis « internetting » c'est à dire la possibilité de faire dialoguer plusieurs réseaux ensemble et non pas l'« International Network » comme on peut le lire parfois.

Il ne faisait pas référence à un réseau global unique, mais à l'idée de connecter différents réseaux entre eux. Contrairement à une idée reçue, ce terme ne signifie pas « International Network ».

Né de la convergence de plusieurs domaines de recherche, Internet a dépassé de loin les attentes initiales de ses concepteurs. Ce réseau a eu un impact immense, non seulement sur la technologie, mais aussi sur le commerce, l'économie, et tous les aspects de notre société liés à l'information et à la communication. Son succès et ses multiples applications continuent de surprendre.

L'intérêt croissant pour Internet a donné naissance à une abondance de livres et d'articles à son sujet. Cependant, les récits historiques qu'ils proposent sont souvent simplifiés, embellis, voire erronés. En réalité, l'histoire d'Internet est une aventure complexe, marquée par des croisements entre plusieurs disciplines majeures

Cette histoire, comme nous allons le voir, est une succession de croisements entre plusieurs domaines d'activité. Voici quelques domaines liés au développement de l'Internet: :

- Les mathématiques, les télécommunications, traitement du signal, codage, cryptographie...
- L'électronique, la microélectronique, l'ordinateur, l'informatique, le PC et ses périphériques, la micro-informatique...
- Les logiciels, la bureautique, la gestion documentaire, l'hypertexte, les jeux, la programmation...
- La recherche militaire, la recherche académique...

## 1.2 L'ENIAC et l'Évolution de l'Informatique

### L'ENIAC : Premier Ordinateur Électronique Programmable

L'ENIAC, acronyme de *Electronic Numerical Integrator Analyser and Computer*, est le premier ordinateur entièrement électronique conçu pour être Turing-complet<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup>Un système est dit Turing-complet s'il a la capacité de représenter toutes les fonctions calculables selon la définition de Turing.

## Conception et Construction

L'idée est attribuée à John William Mauchly, professeur de physique, après avoir observé des analystes produire des tables de tir. Il proposa une solution électronique pour automatiser ces calculs. J. Presper Eckert résolut les défis d'ingénierie, notamment la durée de vie des tubes électroniques.

L'armée américaine finança le projet en mai 1943 sous le nom de *Project PX*, destiné au laboratoire de recherche en balistique. La construction débuta en mi-1944 à la Moore School of Electrical Engineering et l'ordinateur fut opérationnel en février 1946. En novembre 1946, il fut mis hors service pour rénovation et augmentation de sa mémoire.

## Caractéristiques Techniques

L'ENIAC contenait :

- 17 468 tubes à vide,
- 7 200 diodes à cristal,
- 1 500 relais,
- 70 000 résistances,
- 10 000 condensateurs,
- Environ 5 millions de points soudés à la main.

Ses dimensions étaient imposantes : 2,4 m x 0,9 m x 30,5 m, pesant 30 tonnes et occupant un espace de 167 m<sup>2</sup>. Sa consommation électrique était de 160 kilowatts.

## Capacités de Calcul

L'ENIAC pouvait :

- Stocker 20 nombres à 10 chiffres signés,
- Effectuer 5 000 additions simples par seconde (total de 100 000 additions par seconde),
- Réaliser 357 multiplications ou 38 divisions par seconde.

## Problèmes et Innovations

Les tubes électroniques posaient des problèmes de fiabilité, mais la machine restait opérationnelle grâce à un fonctionnement continu. En 1954, elle atteint une période de calcul sans panne de 116 heures.

Bien qu'il faille recâbler l'ENIAC pour exécuter un nouveau programme, des améliorations ultérieures ont permis d'enregistrer des programmes en mémoire lecture seule, une idée de John von Neumann. Ces modifications ont ralenti les calculs, mais réduit considérablement le temps de reprogrammation.

## Évolutions Post-ENIAC

### Inventions Clés

- **1947** : Invention du transistor par William Shockley et Walter Brattain.
- **1958** : Jack Kilby invente le circuit intégré, une avancée majeure pour l'informatique moderne.
- **1963** : Création du code ASCII par l'ANSI.
- **1966** : Invention de la souris par Douglas Engelbart.
- **1969** : Création des premiers liens de l'ARPANET.

### L'Héritage de l'ENIAC

Les travaux de Mauchly et Eckert inspirèrent des ordinateurs comme l'EDVAC, l'EDSAC et le SEAC. En 1949, leur entreprise Eckert-Mauchly Computer Corporation produit le BINAC, premier ordinateur de cette société. L'ENIAC marque une étape fondamentale dans l'histoire de l'informatique. Bien qu'il ait des limitations, il a ouvert la voie à des innovations qui ont façonné l'informatique moderne.

### 1.3 Historique introduction

La connexion d'ordinateurs par le biais de réseaux informatiques a nécessité le développement de protocoles de communication pour permettre à ces machines de « parler la même langue ». Ce concept est comparable à l'idée de l'espéranto, un langage commun visant à faciliter la communication dans un groupe où chacun parle une langue différente. Ainsi, chaque ordinateur conserve son propre langage pour ses tâches spécifiques, mais utilise un protocole commun pour échanger via le réseau.

## Les Premiers Réseaux Informatiques

### L'ARPANET

- **Avril 1971** : L'ARPANET connecte 23 ordinateurs sur 15 sites différents avec des liaisons à 50 kbits/s.
- **Octobre 1972** : Une démonstration publique de l'ARPANET est organisée à la première conférence internationale sur les communications entre ordinateurs à Washington. Cette présentation est un succès et marque une étape décisive pour les réseaux informatiques.
- **1972** : Le succès du programme d'e-mail conduit à la création des premières mailing-lists, comme SF-LOVERS, dédiée à la science-fiction.

- **1973** : ARPANET atteint 35 machines connectées, avec une première liaison satellite pour inclure l'Université de Hawaii.

## Protocole NCP et Développement du TCP/IP

- Le protocole NCP (*Network Control Protocol*) est le premier langage commun des ordinateurs sur ARPANET.
- **1973** : Bob Kahn et Vinton Cerf collaborent pour développer le protocole TCP (*Transmission Control Protocol*), permettant la transmission fiable des paquets d'informations même en présence de perturbations. Ce protocole se scinde plus tard en TCP et IP.
- **1975** : Les premières implémentations concurrentes de TCP sont réalisées à Stanford, BBN, et l'Université de Londres.
- **1978** : La version stable du protocole IP, appelée IPv4, est adoptée.

## Avancées Technologiques Clés

### Le Microprocesseur Intel 4004

- **1971** : Marcian Hoff, assisté par Federico Faggin, Stan Mazor et Masatoshi Shima, conçoit le premier microprocesseur, l'Intel 4004, pour répondre aux besoins de la société japonaise Busicom.
- Intel rachète les droits du 4004 après des difficultés financières de Busicom, ouvrant la voie à une commercialisation massive.

### Le Micro-ordinateur Altair 8800

- **Janvier 1975** : Le magazine *Popular Electronics* présente l'Altair 8800, un ordinateur programmable en kit utilisant le microprocesseur Intel 8080A. Il marque un tournant dans la micro-informatique.
- Bill Gates et Paul Allen développent un logiciel, Altair BASIC, pour cet ordinateur. Ils fondent Microsoft en 1975 après la réussite de leur premier projet.

### Autres Avancées Notables

- **1971** : Intel invente le premier microprocesseur commercial, le 4004, cadencé à 108 KHz.
- **1973** : Robert Metcalfe développe l'Ethernet chez Xerox, inspiré du réseau radio Alohanet.
- **1974** : La société BBN lance Telenet, le premier réseau commercial à commutation de paquets.

## La Messagerie Électronique

- **Mars 1972** : Ray Tomlinson de BBN crée le premier programme de messagerie électronique sur ARPANET. Il introduit l'utilisation de l'arobase (@) comme séparateur dans les adresses email.
- **Juillet 1972** : Lawrence G. Roberts développe des outils pour organiser et gérer les e-mails, popularisant cette application réseau.

Date	Événement et Contributions
<b>Avril 1971</b>	ARPANET connecte 23 ordinateurs sur 15 sites à une vitesse de 50 kbits/s.
<b>1971</b>	Intel invente le premier microprocesseur, le 4004, conçu par Marcian Hoff.
<b>Mars 1972</b>	Ray Tomlinson développe le premier logiciel de courrier électronique sur ARPANET et introduit le symbole @.
<b>Juillet 1972</b>	Lawrence G. Roberts améliore la messagerie électronique, permettant la gestion d'e-mails (lister, lire, archiver, etc.).
<b>Octobre 1972</b>	Première démonstration publique d'ARPANET lors d'une conférence à Washington. Succès notable et création de l'INWG pour établir des protocoles communs.
<b>1973</b>	Robert Metcalfe conçoit Ethernet chez Xerox, inspiré par le réseau Alohanet.
<b>1974</b>	Création de Telenet, premier réseau commercial basé sur la commutation de paquets.
<b>1975</b>	Développement d'Altair BASIC par Bill Gates et Paul Allen pour le micro-ordinateur Altair 8800, marquant la naissance de Microsoft.
<b>1978</b>	Stabilisation de la version 4 du protocole IP (IPv4).

**Table 5.1:** Résumé des événements marquants liés aux protocoles de communication et à l'informatique

## 2 Classification des protocoles Internet

### 2.1 introduction

En 1975, les premières implémentations concurrentes du protocole TCP ont été réalisées à Stanford, chez BBN et à l'Université de Londres. Dès le début, le développement des protocoles Internet a eu une portée internationale. Jusqu'au milieu des années 1970, le protocole TCP regroupait en réalité les deux protocoles TCP et IP. Ce dernier se divise par la suite en deux, donnant naissance à l'appellation TCP/IP, avec l'ajout d'un troisième

protocole, le UDP. Le protocole IP (Internet Protocol) gère l'adressage et le transfert des paquets entre deux points du réseau. Deux protocoles de communication se reposent sur IP : le TCP (Transmission Control Protocol), qui garantit la bonne transmission des paquets en assurant le contrôle des erreurs et des pertes, et le UDP (User Datagram Protocol), qui permet d'accéder directement aux services d'IP, laissant à l'application la gestion de la communication. En 1978, le protocole IP se stabilisera avec la sortie de sa quatrième version, IP v4.

## 2.2 Les grandes étapes de l'histoire des réseaux et de l'informatique

En juillet 1975, l'ARPANET, qui était jusqu'alors un projet de recherche sous la supervision du DARPA, est officiellement remis à l'Agence des Communications de la Défense, devenant un réseau pleinement opérationnel. Pendant ce même mois, deux jeunes inconnus, Bill Gates et Paul Allen, fondent Microsoft, une petite entreprise qui allait profondément changer l'histoire de l'informatique.

C'est également en 1975 que Raphael Finkel publie la première version du \*Jargon File\*, une compilation des termes utilisés par les programmeurs et les hackers, devenant un document culte pour les passionnés. Dans le même temps, le réseau ARPANET commence à montrer ses limites, victime de sa popularité croissante.

En 1976, le Département de la Défense américain se penche sur une technologie révolutionnaire : le protocole TCP/IP, futur standard d'Internet. À cette époque, le réseau ARPANET a bien grandi et compte déjà 111 ordinateurs connectés, y compris via des liaisons satellites et radio. Cette année-là, une autre avancée majeure a lieu : le CCITT (Comité Consultatif International Télégraphique et Téléphonique) adopte la norme X.25 pour standardiser les communications par paquets, une réponse directe à la tentative d'IBM d'imposer son propre standard, le SNA.

Le 1 avril 1976, trois hommes – Steve Jobs, Steve Wozniak et Ron Wayne – fondent Apple. Cette nouvelle entreprise allait révolutionner l'informatique personnelle avec ses innovations. La même année, une autre société voit le jour : U.S. Robotics, qui deviendra célèbre pour ses modems. Par ailleurs, les laboratoires Bell d'ATT développent UUCP (Unix-to-Unix Copy Program), un protocole qui facilitera grandement les échanges de données avant l'avènement de TCP/IP.

Quelques années plus tard, en mai 1990, Microsoft lance Windows 3.0, un système d'exploitation qui rencontre un immense succès et contribue à rendre l'informatique accessible au grand public. Dans ce même élan d'innovation, le CERN devient en 1990 le plus grand site Internet d'Europe, jouant un rôle essentiel dans la diffusion des technologies Internet.

Enfin, en novembre 1990, une idée révolutionnaire naît au CERN : Tim Berners-Lee propose le concept du World Wide Web. Avec l'utilisation de l'hypertexte (HTML) et d'un protocole de communication (HTTP), il imagine un système permettant de relier et d'accéder à des informations sous forme de toile. Ce projet inclut aussi un navigateur, ouvrant la voie à une nouvelle ère de communication et de partage d'informations.

Les réseaux à commutation de paquets, soutenus par l'Union internationale des télécommunications, poursuivent les recherches de la DARPA et utilisent le *X.25*. En 1974, le *X.25* sert de base au développement du *SERCnet*, un réseau reliant les chercheurs britanniques, qui deviendra plus tard *JANET* (*Joint Academic NETwork*). En mars 1976, l'Union Internationale des Télécommunications introduit le premier standard *X.25*. Le Bureau de poste britannique, *Western Union International* et *Tymnet* contribuent à la création de l'*International Packet Switched Service*, le premier réseau international de commutation de paquets. Ce réseau, lancé en Europe et aux États-Unis, s'étendra en 1981 au Canada, à Hong Kong et en Australie. Dans les années 1990, il deviendra un service mondial.

Contrairement à l'ARPANET, le *X.25* est utilisé dans le monde de l'entreprise et servira pour les premiers réseaux téléphoniques publics, tels que *CompuServe* et *Tymnet*. En 1979, *CompuServe* devient le premier service à offrir un courrier électronique et un support technique pour les utilisateurs d'ordinateurs personnels. L'année suivante, il innove encore avec des discussions en temps réel grâce à son *CB Simulator*. D'autres réseaux comme *AOL*, *Prodigy*, ainsi que des BBS comme *The WELL* et *FidoNet*, gagnent en popularité, notamment parmi les hackers et les radioamateurs.

### 3 Classification des protocoles Internet

TCP/IP, du nom de ses deux protocoles principaux (TCP, Transmission Control Protocol et IP, Internet Protocol), est un ensemble de protocoles permettant de résoudre les problèmes d'interconnexion en milieu hétérogène. À cet effet, TCP/IP décrit un réseau logique (réseau IP) au-dessus du ou des réseaux physiques réels. L'intégration de TCP/IP au système UNIX BSD 4 par l'université de Berkeley en 1980 a établi ce protocole comme le standard de la communauté UNIX. En 1983, TCP/IP a remplacé le protocole NCP (Network Control Program) sur ARPANET, le précurseur de l'Internet moderne. Désormais, TCP/IP est le protocole universel pour tous les types de réseaux, qu'ils soient locaux (LAN) ou étendus (WAN). Ses évolutions récentes permettent de gérer des flux multimédias, notamment pour les services de voix sur IP (ToIP, Telephony over TCP/IP). Cette architecture, dite **TCP/IP**, est à la source du réseau Internet. Elle est également adoptée par de nombreux réseaux privés, appelés *intranets*.

Les deux principaux protocoles définis dans cette architecture sont les suivants :

- **IP** (*Internet Protocol*), de niveau réseau, qui assure un service sans connexion.
- **TCP** (*Transmission Control Protocol*), de niveau transport, qui fournit un service fiable avec connexion.

#### 3.1 Principaux protocoles et applications de TCP/IP:

Les principaux protocoles et applications de l'environnement TCP/IP sont les suivants :

- **ARP (Address Resolution Protocol)** : Met en correspondance une adresse logique IP avec une adresse physique MAC (Medium Access Control, adresse de l'interface dans les réseaux locaux).

- **DNS (Domain Name System)** : Système de bases de données réparties assurant la correspondance d'un nom symbolique et d'une adresse Internet (adresse IP).
- **FTP (File Transfer Protocol)** : Système de manipulation de fichiers à distance (transfert, suppression, création...).
- **HTTP (HyperText Transfer Protocol)** : Assure le transfert de fichiers hypertextes entre un serveur Web et un client Web.
- **ICMP (Internet Control Message Protocol)** : Assure un dialogue IP/IP et permet notamment : la signalisation de la congestion, la synchronisation des horloges et l'estimation des temps de transit. Il est utilisé par l'utilitaire `Ping` qui permet de tester la présence d'une station sur le réseau.
- **OSPF (Open Shortest Path First)** : Protocole de routage du type état des liens, successeur du protocole RIP dans le réseau Internet.
- **PPP (Point-to-Point Protocol)** : Protocole d'encapsulation des datagrammes IP, assurant la délimitation des trames, l'identification du protocole transporté et la détection des erreurs.
- **RARP (Reverse Address Resolution Protocol)** : Permet l'attribution d'une adresse IP à une station.
- **RIP (Routing Information Protocol)** : Premier protocole de routage (vecteur distance) utilisé dans Internet.
- **SLIP (Serial Line Interface Protocol)** : Protocole d'encapsulation des paquets IP, assurant uniquement la délimitation des trames.
- **SMTP (Simple Mail Transfer Protocol)** : Offre un service de courrier électronique.
- **SNMP (Simple Network Management Protocol)** : Standard des protocoles d'administration de réseau.
- **TELNET (TELEtypewriter NETwork ou TERminal NETwork Protocol)** : Système de terminal virtuel permettant l'ouverture de sessions avec des applications distantes.
- **TFTP (Trivial File Transfer Protocol)** : Version allégée du protocole FTP.

#### Note Importante

Le modèle Internet se complète par une troisième couche, appelée niveau application, qui regroupe les différents protocoles sur lesquels se construisent les services Internet. La messagerie électronique (SMTP), le transfert de fichiers (FTP), le transfert de pages hypermédias, le transfert de bases de données distribuées (World-Wide Web), etc., sont quelques-uns de ces services. `endtcolorbox`

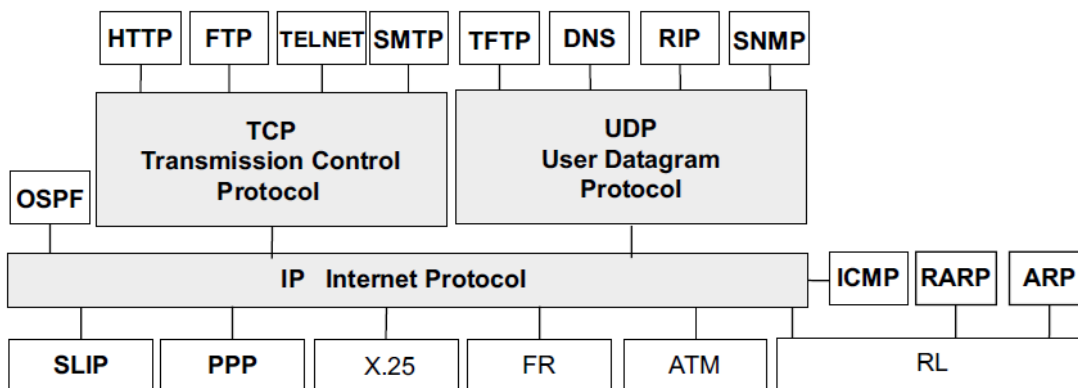


Figure 5.1: Les protocoles et les applications de TCP/IP.

## 4 Protocoles des services de messagerie (SMTP, POP, IMAP)

### 4.1 SMTP (Simple Mail Transport Protocol)

SMTP (Simple Mail Transport Protocol) est le protocole courant de gestion du courrier électronique sur Internet. Il est complètement décrit dans la RFC 2821. C'est un protocole point à point dans la mesure où il met en communication deux serveurs de messagerie : celui de la personne qui envoie un courrier et celui de la personne qui le reçoit. Initialement, ce protocole simple était destiné au transfert de messages pour des machines connectées en permanence (fonctionnement on-line). Les serveurs SMTP sont chargés du stockage dans une file d'attente et du transport du courrier, ils doivent acheminer régulièrement les messages stockés vers les destinations mentionnées dans les champs adresse.

Dans la mesure où SMTP est conçu au départ pour des systèmes reliés en permanence, un utilisateur connecté de façon intermittente (Dial-up) via le RTC utilisera SMTP pour expédier son courrier sur son serveur de messagerie (courrier sortant), et un protocole tel que POP3 ou IMAP pour lire les courriers qui l'attendent sur le serveur (courrier entrant).

<b>Caractéristique</b>	<b>Description</b>
<b>Mode de fonctionnement</b>	Utilisé pour envoyer des emails d'un client de messagerie à un serveur ou entre serveurs de messagerie.
<b>Protocole de transfert</b>	Basé sur un modèle client-serveur, où le client envoie les messages au serveur de messagerie via des commandes textuelles.
<b>Sécurité</b>	SMTP de base n'est pas sécurisé. Peut être sécurisé avec SSL/TLS pour chiffrer les communications.
<b>Authentification</b>	Peut inclure une authentification (par exemple, avec des mécanismes comme SMTP-AUTH) pour valider l'utilisateur avant l'envoi des messages.
<b>Port par défaut</b>	Utilise généralement le port 25 pour les communications, mais les versions sécurisées utilisent le port 465 (SMTPS) ou 587 (submission).
<b>Compatibilité</b>	Compatible avec d'autres protocoles de messagerie tels que POP3 et IMAP pour la récupération des messages.
<b>Fiabilité</b>	SMTP ne garantit pas la livraison du message. Il repose sur des mécanismes de relance et d'acheminement entre serveurs.
<b>Limitation des messages</b>	Peut être limité par la taille des messages ou par des règles imposées par le serveur d'envoi ou de réception.

**Table 5.2:** Caractéristiques du protocole SMTP

## 4.2 POP(Post Office Protocol)

Après vérification de l'adresse de destination et transfert par le MDA, le client de messagerie ou MUA peut récupérer son courrier en utilisant le protocole POP3 (Post Office Protocol version 3). Le protocole POP3 permet de récupérer le courrier sur une machine distante pour un utilisateur non connecté en permanence. Cela implique trois étapes principales :

1. L'authentification, c'est-à-dire la vérification du nom et du mot de passe.
  2. La réception des courriers et fichiers attachés à partir du serveur de messagerie.
  3. La réception des messages d'erreur ou d'acquiescement.
- Le protocole POP3 de base n'est pas sécurisé au niveau de l'authentification et du transfert des messages. Un autre protocole comme SSL doit être utilisé pour sécuriser ces étapes.
  - Les commandes POP3 (définies dans la RFC 1939) reprennent une syntaxe sur quatre lettres de SMTP. Les réponses du serveur sont de deux types : +OK et -ERR suivis d'un texte explicatif.

### Note Importante

POP (Post Office Protocol) est un protocole de communication utilisé pour récupérer des emails depuis un serveur de messagerie vers un client de messagerie (comme Outlook, Thunderbird ou des applications mobiles). Il existe plusieurs versions de POP, mais la plus utilisée aujourd'hui est POP3 (Post Office Protocol version 3).

## Caractéristiques de POP3

<b>Caractéristique</b>	<b>Description</b>
<b>Mode de fonctionnement</b>	Télécharge les emails sur l'appareil local, souvent avec suppression des messages sur le serveur.
<b>Accessibilité hors ligne</b>	Permet de consulter les messages même sans connexion Internet après téléchargement.
<b>Sécurité</b>	Pas de sécurité native ; peut être sécurisé avec SSL/TLS pour chiffrer les communications.
<b>Synchronisation</b>	Ne supporte pas la synchronisation des messages entre plusieurs appareils. Les messages sont supprimés du serveur après téléchargement (selon la configuration).
<b>Protocole simple</b>	Utilise des commandes simples (ex. : USER, PASS, RETR, DELE) pour récupérer et gérer les emails.
<b>Dépendance du serveur</b>	Les messages sont souvent supprimés du serveur après téléchargement (selon la configuration par défaut).
<b>Idéal pour</b>	Les utilisateurs ayant une connexion intermittente ou limitée, qui n'ont pas besoin de synchronisation entre plusieurs appareils.

**Table 5.3:** Caractéristiques du protocole POP3

### 4.3 IMAP (Internet Message Access Protocol)

Le protocole IMAP (Internet Message Access Protocol) est un système de communication basé sur une architecture client/serveur. Il permet au client d'accéder à de nombreuses fonctionnalités, comme la réception des courriers électroniques et la gestion des boîtes aux lettres. Ce protocole offre des capacités proches de celles de l'environnement de messagerie X.400, un standard développé par l'ISO. Selon la norme, une session IMAP se déroule en plusieurs étapes successives.

- **Authentification.** Nécessite l'ouverture de la connexion TCP et permet une commande d'authentification.
- **Authentifié.** Une fois cette étape franchie, le protocole passe dans l'état authentifié : le client peut sélectionner ou administrer une boîte aux lettres.
- **Sélection.** Cet état correspond à la manipulation du contenu de la boîte aux lettres que l'utilisateur client a choisie.
- **Fermeture en cours.** État atteint dès que le client demande à quitter l'application.

## 5 Protocoles des services d'information

L'architecture **TCP/IP** a été conçue au milieu des années 1970 par la DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency), aux États-Unis, pour répondre aux besoins de communication et d'interopérabilité des applications entre les systèmes informatiques de l'armée américaine (DoD, Department of Defense). Son objectif principal était de définir un format d'échange de données commun à tous les systèmes, tout en préservant les infrastructures existantes, c'est-à-dire sans exiger de modifications aux réseaux physiques en place.

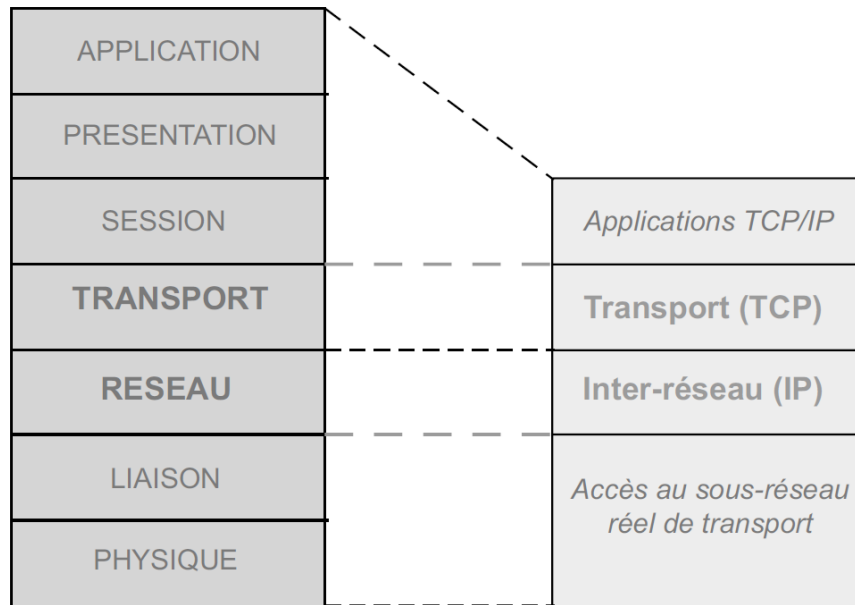
L'une des exigences fondamentales de cette architecture était de garantir une **\*\*résilience élevée\*\*** face à la défaillance de n'importe quel nœud du réseau. Cela a conduit au choix du mode **datagramme** pour la couche réseau, une approche qui favorise la robustesse et la flexibilité en permettant l'acheminement indépendant des paquets de données.

En résumé, **TCP/IP** (du nom de ses deux principaux protocoles, le **\*Transmission Control Protocol\*** et l'**\*Internet Protocol\***) constitue un ensemble de protocoles destiné à résoudre les problèmes d'interconnexion dans des environnements hétérogènes. Il décrit un réseau logique, appelé réseau IP, qui fonctionne au-dessus des réseaux physiques réels, auxquels les ordinateurs sont physiquement connectés. Cette abstraction a permis de standardiser les communications, posant les bases de l'internet tel que nous le connaissons aujourd'hui.

#### Note Importante

**TCP/IP** est le protocole standard de tous les réseaux, du LAN au WAN. De récentes adaptations autorisent les flux multimédias et, en particulier, les services voix sur IP (ToIP, Telephony over TCP/IP).

La **couche transport** du modèle TCP/IP propose deux types de services :



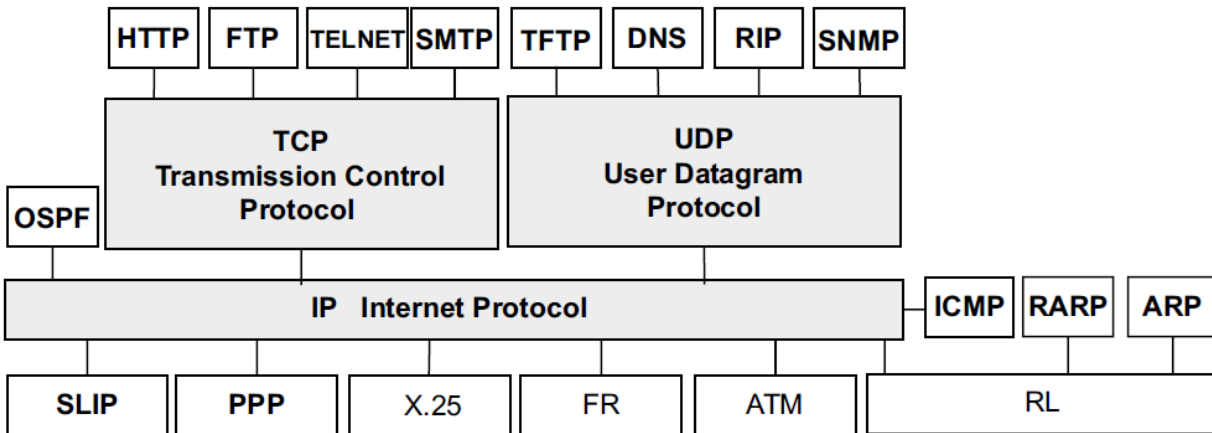
**Figure 5.2:** Le modèle OSI et l'architecture TCP/IP

1. **Service en mode connecté (TCP)** : Ce service garantit la fiabilité des communications, en offrant des mécanismes tels que le contrôle de flux et la retransmission des données en cas de perte. Il est comparable, en termes de fonctionnalités, au protocole TP4 du modèle OSI (ISO).
2. **Service de transport allégé (UDP)** : Ce protocole ne garantit pas la fiabilité ni l'ordre des données transmises. Il fournit un service de type *best effort* (en mode datagramme), adapté aux applications où la rapidité prime sur la fiabilité.

La **couche réseau (IP)** du modèle TCP/IP assure un acheminement des données en mode non connecté (datagramme). Elle offre des fonctionnalités similaires à celles de la couche réseau du modèle OSI, particulièrement en mode non connecté. Les services qu'elle rend sont comparables à ceux définis par la norme ISO 8473, également connue sous le nom de CLNP/CLNS (*Connectionless Network Protocol/Connectionless Network Services*).

Les principaux protocoles et applications de l'environnement TCP/IP sont les suivants :

- **ARP** (*Address Resolution Protocol*) : met en correspondance une adresse logique IP avec une adresse physique MAC (*Medium Access Control*, adresse de l'interface dans les réseaux locaux) ;
- **DNS** (*Domain Name System*) : est un système de bases de données réparties assurant la correspondance d'un nom symbolique et d'une adresse internet (adresse IP) ;
- **FTP** (*File Transfer Protocol*) : est un système de manipulation de fichiers à distance (transfert, suppression, création...) ;
- **HTTP** (*HyperText Transport Protocol*) : assure le transfert de fichiers hypertextes entre un serveur Web et un client Web ;



**Figure 5.3:** Les protocoles et les applications de TCP/IP.

- **ICMP** (*Internet Control and error Message Protocol*) : assure un dialogue IP/IP et permet notamment :
  - la signalisation de la congestion ;
  - la synchronisation des horloges ;
  - l’estimation des temps de transit.

Il est utilisé par l’utilitaire *Ping*, qui permet de tester la présence d’une station sur le réseau.

#### Note Importante

Le protocole Ping (Packet Internet Groper) est un utilitaire réseau basé sur le protocole ICMP (Internet Control and error Message Protocol). Il est utilisé pour tester la connectivité entre deux hôtes sur un réseau. Il est utilisé par l’utilitaire Ping, qui permet de tester la présence d’une station sur le réseau.

- **OSPF** (*Open Shortest Path First*) : protocole de routage de type état des liens, ayant succédé, dans le réseau Internet, au protocole **RIP** ;
- **PPP** (*Point to Point Protocol*) : protocole d’encapsulation des datagrammes IP. Il assure la délimitation des trames, identifie le protocole transporté et détecte les erreurs ;
- **RARP** (*Reverse Address Resolution Protocol*) : permet l’attribution d’une adresse IP à une station ;
- **RIP** (*Routing Information Protocol*) : premier protocole de routage (vecteur distance) utilisé dans Internet ;
- **SLIP** (*Serial Line Interface Protocol*) : protocole d’encapsulation des paquets IP, qui n’assure que la délimitation des trames ;

- 
- **SMTP** (*Simple Mail Transfer Protocol*) : offre un service de courrier électronique ;
  - **SNMP** (*Simple Network Management Protocol*) : devenu le standard des protocoles d'administration de réseau ;
  - **TELNET** (*TELEtypewriter NETwork protocol* ou *TERminal NETwork protocol*) : système de terminal virtuel permettant l'ouverture de sessions avec des applications distantes ;
  - **TFTP** (*Trivial FTP*) : version allégée du protocole **FTP**.

---

## Bibliographie

- [1] Stéphane Lohier and Dominique Présent. *Réseaux et transmissions - 7e éd. - Protocoles, infrastructures et services*. 26 août 2020. Publisher, 2020.
- [2] Claude Servin. *Réseaux et télécoms: cours et exercices corrigés*. Publisher, 2003.
- [3] Cisco Systems. *Architecture de réseaux et études de cas*. 23 mars 2000. Publisher, 2000.
- [4] José DORDOIGNE. *Réseaux informatiques - Notions fondamentales (9e édition)*. Protocoles, Architectures, Réseaux sans fil, Virtualisation, Sécurité, IPv6... Publisher Name, 2022.
- [5] Danièle Dromard and Dominique Seret. *Architecture des réseaux*. Details about the book if needed. Université Pierre et Marie Curie (Paris 6) et Université René Descartes (Paris 5), Year.
- [6] Louis Reynier. *Télécommunications, radiocommunications: Liaisons hertziennes, antennes, équipements - Cours, exercices corrigés, études de systèmes*. 312 pages, parution le 10/06/2014. Collection Technosup, 2014.
- [7] Jyrki T. J. Penttinen et al. *The DVB-H Handbook: The Functioning and Planning of Mobile TV*. Publié en 2009. 2009, 2009.
- [8] Ulrich Reimers. *Digital Video Broadcasting (DVB): The International Standard for Digital Television*. Publié en 2013. Springer, 2013.
- [9] Steve Steinke. *Network Tutorial: A Complete Introduction to Networks Includes Glossary of Networking Terms*. Publié en 2003. 2003, 2003.
- [10] International Electrotechnical Commission. *Understanding standards*. <https://www.iec.ch/understanding-standards>. Consulté en : Juillet 2024. 2024.
- [11] International Telecommunication Union. *Membership*. <https://www.itu.int/fr/myitu/Membership>. Consulté en : Juillet 2024. 2024.
- [12] International Organization for Standardization. *News*. <https://www.iso.org/fr/contents/news/2024/01/Ref2613.html>. Consulté en : Juillet 2024. 2024.
- [13] Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). *IEEE Official Website*. <https://www.ieee.org/>. Consulté en : Juillet 2024. 2021.
- [14] Bernard Cousin. *Chapitre 4 : Architecture générale des réseaux informatiques*. <https://www.irisa.fr/armor/lesmembres/cousin/Enseignement/Reseaux-generalites/Cours/4-5.htm>. Section : "Normalisation des réseaux", Laboratoire de recherche IRISA, Université de Rennes 1. Consulté en : Juillet 2024. 2021.

- [15] Nicole Gignac. *Chapitre 2 : Normes associées à la diffusion analogique et numérique*. <https://slideplayer.fr/slide/11826487/>. Slide présenté par : N/D sur le Slide. Consulté en : Juillet 2024. 2024.
- [16] Buddy Russell. *Principles of Digital Audio*. <https://slideplayer.com/slide/5855594/>. Slide présentée par : N/D sur le Slide. Consulté en : Juillet 2024. 2024.
- [17] Digital Video Broadcasting (DVB). *About*. <https://dvb.org/about/>. Consulté en : Juillet 2024. 2024.
- [18] Gérard Blanc. *Réseaux Numériques à Intégration de Services (RNIS)*. Introduction aux bases des protocoles et infrastructures RNIS. Hermès Science Publications, 1993.
- [19] Olivier Bonaventure. *Les réseaux RNIS et ATM*. Comparaison des concepts fondamentaux des RNIS et des technologies ATM. Dunod, 1997.
- [20] Michel Daoud Yacoub. *RNIS : Applications et protocoles*. Exploration des applications et des protocoles des RNIS. Ellipses Marketing, 1995.
- [21] William Stallings. *ISDN and Broadband ISDN with Frame Relay and ATM*. 4th Edition. Référence classique sur les concepts RNIS et leur évolution vers les réseaux à large bande. Prentice Hall, 2004.
- [22] Gary C. Kessler. *Integrated Services Digital Network (ISDN): Architectures, Protocols, Standards*. Approfondissement sur l'architecture et les normes RNIS. McGraw-Hill, 1990.
- [23] John M. Griffiths. *ISDN Explained: Worldwide Network and Applications Technology*. Approche pratique et compréhensible du RNIS. Wiley, 1998.
- [24] Philippe Atelin and José Dordoigne. *Réseaux informatiques: Notions fondamentales - Normes, Architecture, Modèle OSI, TCP/IP, Ethernet, Wi-Fi,...* Publié le 11 mars 2006. Broché, Mar. 2006.
- [25] José Dordoigne. *Réseaux locaux et étendus: Notions fondamentales*. Publié le 1 février 2005. Broché, Feb. 2005.

# Liste des acronymes

## Acronymes importants

grisfonce <b>Acronyme</b>	<b>Signification</b>
grisclair <b>Protocoles et technolo- gies</b>	
IP TCP UDP DNS HTTP HTTPS FTP DHCP ARP ICMP OSPF BGP	Internet Protocol Transmission Control Protocol User Datagram Protocol Domain Name System Hyper Text Transfer Protocol Secure HTTP File Transfer Protocol Dynamic Host Configuration Protocol Address Resolution Protocol Internet Control Message Protocol Open Short Path First Border Gateway Protocol
grisclair <b>Réseaux</b>	
LAN WAN VLAN VPN WLAN MAN	Local Area Network Wide Area Network Virtual Local Area Network Virtual Private Network Wireless Local Area Network Metropolitan Area Network
grisclair <b>Accès et transmis- sion</b>	
DSL ADSL ISDN GSM LTE UMTS Wi-Fi	Digital Subscriber Line Asymmetric Digital Subscriber Line Integrated Services Digital Network Global System for Mobile Communications Long Term Evolution Universal Mobile Telecommunication System Wireless Fidelity (standard IEEE 802.11)

grisfonce <b>Acronyme</b>	<b>Signification</b>
grisclair <b>Qualité de service et sécurité</b>	
QoS IPsec SSL TLS WEP WPA	Quality of Service Internet Protocol Security Secure Socket Layer Transport Layer Security Wired Equivalent Privacy Wi-Fi Protected Access
grisclair <b>Composants et identifiants</b>	
MAC NIC AP SSID URL	Medium Access Control Network Interface Card Access Point Service Set Identifier Uniform Resource Locator
grisclair <b>Modulation et multiplexage</b>	
FDM TDM OFDM CDMA QAM	Frequency Division Multiplexing Time Division Multiplexing Orthogonal Frequency Division Multiplexing Code Division Multiple Access Quadrature Amplitude Modulation
grisclair <b>Réseaux virtuels et convergence</b>	
MPLS ATM SDH SONET VoIP	MultiProtocol Label Switching Asynchronous Transfer Mode Synchronous Digital Hierarchy Synchronous Optical NETWORK Voice over IP
grisclair <b>Normes et organisations</b>	
IEEE ISO ITU ARCEP  IETF	Institute of Electrical and Electronics Engineers International Organization for Standardization International Telecommunication Union Autorité de régulation des communications électroniques et des postes  Internet Engineering Task Force