

Intelligence Artificielle En Réseaux



- Dispensé par Dr. Msc. Ir. **MWAMBA KASONGO Dahouda**
- Docteur en génie logiciel et systèmes d'information
- Machine and Deep Learning Engineer
- Assisté Ass. Grace PWELE

➤ E-mail : dahouda37@gmail.com

Heure : 08H00 – 12H00



Fiche matière



Université Protestante de Lubumbashi
Faculté de Sciences Informatiques

Enseignant responsable de la matière : **Intelligence Artificielle (reseaux et Telecoms)**

Contact: dahouda37@gmail.com / dahouda37@upl-univ.ac

Matière : **Intelligence Artificielle En Reseaux**

Domaine/ Filiere/Specialite : **Système Informatique (SI)**

Crédit: **4 [60H]**

Volume horaire d'enseignement hebdomadaire: **Cours (Nombre d'heures par semaine): 8H**



Objectif du cours

❖ Prérequis

- Connaissance de base des réseaux informatiques.
- Familiarité avec les concepts d'apprentissage automatique et la programmation Python.
- La connaissance des concepts de sécurité des réseaux sera utile mais pas obligatoire

❖ Objectifs généraux

- Comprendre les principes de base de la sécurité des réseaux et des systèmes de détection d'intrusion (Intrusion Detection System : IDS).
- Découvrir comment l'intelligence artificielle peut être appliquée pour détecter les intrusions et les anomalies du réseau informatique.
- Comprendre les différents types de cyberattaques, notamment les logiciels malveillants et les attaques DDoS.
- Mettre en œuvre et évaluer des modèles d'apprentissage automatique pour classer le trafic réseau comme normal ou malveillant.



Objectif du cours



Objectifs spécifiques

- Comprendre le rôle de l'IA dans la mise en réseau : reconnaître comment l'IA peut être intégrée aux réseaux informatiques pour améliorer la sécurité.
- Améliorer la sécurité des réseaux grâce à l'IA : développer des modèles basés sur l'IA pour la détection des intrusions, la détection des anomalies et la prédiction des menaces afin de sécuriser les réseaux.
- Analyser et prétraiter les données réseau (KDD'99, NSL-KDD, CICIDS 2017) pour la détection des intrusions.
- Apprendre à collecter les données sur un réseau informatique grâce à des outils comme Wireshark ou tcpdump.
- Appliquer des techniques avancées, telles que le machine Learning et le Deep Learning, pour améliorer la précision et l'efficacité des systèmes de détection d'intrusion.
- Créer et entraîner un modèle simple à l'aide de techniques d'apprentissage supervisé sur des ensembles de données de trafic réseau.



Fiche matière

Contenu de la matière



CHAPITRE 1 Aperçu général le réseaux

CHAPITRE 2 L'intelligence artificielle dans les Réseaux (Réseaux informatique et Telecom).

CHAPITRE 3 Techniques d'IA utilisées dans le réseaux informatique

CHAPITRE 4 L'IA pour la sécurité des réseaux (IDS)

CHAPITRE 5 Détection des anomalies du trafic réseau avec l'apprentissage automatique (ML)

IA (Réseau et Telecom)-Dahouda, Ph.D.

IA (Réseaux et Telecom)-Dahouda, Ph.D.



Fiche matière

Mode D'évaluation : Moyenne et de l'examen Final



Moyenne	Points
Presence au cours	10 pts
TD	10 Pts
TP	10 pts
Interrogation	20 pts
Total Moyenne annuelle	/50 pts



PLAN DU COURS



CHAPITRE 1 Aperçu général des réseaux

Ce chapitre présente une introduction aux réseaux, en distinguant deux types principaux :

- ❖ Réseaux Informatiques : Un réseau informatique est un ensemble d'ordinateurs connectés qui partagent des ressources. Cela peut inclure des fichiers, des imprimantes, ou encore des services comme les applications. Ces réseaux permettent la communication et la collaboration entre différents utilisateurs ou systèmes au sein d'une entreprise ou à travers Internet.
 - Exemples : LAN (réseau local), WAN (réseau étendu), Intranet, Extranet.

- ❖ Réseaux de Télécommunications : Ce type de réseau est dédié à la transmission d'informations sous forme de signaux électroniques ou optiques. Cela inclut les réseaux cellulaires (comme 4G, 5G), les réseaux de téléphonie fixe, et les réseaux de fibres optiques qui véhiculent des données à haute vitesse.
 - Exemples : Réseaux téléphoniques, réseaux mobiles, Internet.



PLAN DU COURS



CHAPITRE 1 Aperçu général des réseaux

Ce chapitre présente une introduction aux réseaux, en distinguant deux types principaux :

- ❖ Réseaux Informatiques : Un réseau informatique est un ensemble d'ordinateurs connectés qui partagent des ressources. Cela peut inclure des fichiers, des imprimantes, ou encore des services comme les applications. Ces réseaux permettent la communication et la collaboration entre différents utilisateurs ou systèmes au sein d'une entreprise ou à travers Internet.
 - Exemples : LAN (réseau local), WAN (réseau étendu), Intranet, Extranet.
- ❖ Réseaux de Télécommunications : Ce type de réseau est dédié à la transmission d'informations sous forme de signaux électroniques ou optiques. Cela inclut les réseaux cellulaires (comme 4G, 5G), les réseaux de téléphonie fixe, et les réseaux de fibres optiques qui véhiculent des données à haute vitesse.
 - Exemples : Réseaux téléphoniques, réseaux mobiles, Internet.



PLAN DU COURS



CHAPITRE 2 L'intelligence artificielle dans les Réseaux

Dans ce chapitre, on explore comment l'IA est intégrée aux réseaux, à la fois pour les réseaux informatiques et les réseaux télécoms.

L'objectif est d'améliorer l'**efficacité**, la **sécurité** et la **gestion des ressources** de ces réseaux.

- Dans les réseaux informatiques : L'IA est utilisée pour l'optimisation de la gestion du trafic, la surveillance en temps réel, la détection des anomalies, et la réponse automatisée aux menaces de sécurité.
- Dans les réseaux télécoms : L'IA peut aider à la gestion automatique de la bande passante, l'optimisation de la couverture réseau, et la prévision des pannes ou des surcharges.

L'IA rend ces réseaux plus adaptatifs et résilients en répondant aux changements de conditions ou aux menaces sans intervention humaine.



PLAN DU COURS



CHAPITRE 3 Techniques d'IA utilisées dans les réseaux informatiques

Ce chapitre aborde les différentes méthodes d'intelligence artificielle couramment utilisées dans la gestion des réseaux informatiques, telles que :

- Apprentissage automatique (Machine Learning - ML) : Utilisé pour analyser les modèles de trafic réseau et prédire les comportements in habituels ou détecter des anomalies. Les algorithmes ML sont capables de reconnaître des schémas d'attaque ou d'anomalies dans les données réseaux.

Exemples : Réseaux de neurones, algorithmes d'apprentissage supervisé ou non supervisé.

- Apprentissage profond (Deep Learning) : Une sous-catégorie de ML qui utilise des réseaux de neurones profonds pour détecter des modèles complexes dans de grandes quantités de données réseau.

Ces techniques permettent d'améliorer la qualité de service, de détecter des problèmes de sécurité, et de prédire les besoins en ressources réseau



PLAN DU COURS



CHAPITRE 4 L'IA pour la sécurité des réseaux (IDS)

Dans ce chapitre, on examine le rôle de l'IA dans les Systèmes de Détection d'Intrusion (IDS), qui sont des outils essentiels pour la cybersécurité.

Ces systèmes surveillent en permanence le réseau pour détecter toute activité **suspecte** ou **malveillante**.

- **Détection des intrusions** : L'IA permet de reconnaître des comportements anormaux qui pourraient être des attaques, même des attaques inconnues auparavant. Contrairement aux systèmes traditionnels basés sur des signatures d'attaques (qui ne peuvent détecter que des menaces connues), l'IA peut identifier des menaces DDOS.
- **Prévention proactive** : L'IA peut non seulement détecter des intrusions, mais aussi réagir automatiquement pour isoler un réseau, bloquer un accès, ou même corriger des failles de sécurité avant qu'elles ne soient exploitées.

Les systèmes IDS basés sur l'IA sont cruciaux pour renforcer la sécurité des réseaux modernes face à des cyberattaques de plus en plus sophistiquées





CHAPITRE 5 Détection des anomalies du trafic réseau avec le machine Learning (ML)

Ce dernier chapitre présente une démonstration pratique de l'utilisation de l'apprentissage automatique (ML) pour détecter des anomalies dans le trafic réseau. Le ML est particulièrement adapté pour ce type de tâche, car il peut analyser des volumes massifs de données réseau et détecter des schémas anormaux qui pourraient indiquer une activité malveillante ou une panne imminente.

- **Anomalies dans le trafic réseau** : Cela peut inclure des augmentations soudaines du volume de données, des connexions inhabituelles ou des tentatives d'accès non autorisées à certaines parties du réseau.
- **Outils de ML** : Les algorithmes tels que Random Forest, Decision Tree, Support Vector Machine (SVM), ou les réseaux de neurones sont utilisés pour créer des modèles capables de repérer ces anomalies en temps réel.

Ce chapitre sert à montrer concrètement comment l'apprentissage automatique peut rendre la détection des anomalies plus rapide et plus précise, améliorant ainsi la sécurité et la performance des réseaux.



PLAN DU COURS



CHAPITRE 1 Aperçu général des réseaux



PLAN DU COURS



SECTION 1: INTRODUCTION

1.1.CONCEPTS DE BASE DES RESEAUX

1.2.COMPOSANTES DES RESEAUX



PLAN DU COURS



1.1.CONCEPTS DE BASE DES RESEAUX

1. PROTOCOLE

2. SERVICE

3. INTERFACE



PLAN DU COURS



1.2.COMPOSANTES DES RESEAUX

1. MAILLE
2. NOEUD
3. TERMINAL
4. OBJECTIF



PLAN DU COURS



SECTION 2: APERCU SUR LES RESEAUX DE TELECOMS

1.1. ORIGINE DE TELECOMS

1.1.1. APERCU HISTORIQUE ET EVOLUTION

La transmission de l'information sous quelle que forme soit-t-elle fait partie des préoccupations humaines de tous les temps. En effet, l'homme a développé au fil des années toute une panoplie des moyens de plus en plus performants pour arriver à communiquer de manière efficace.

Le fruit de ces efforts a été couronné, pour la première fois dans l'histoire des Télécommunications, par l'invention du télégraphe optico-mécanique par l'ingénieur français Claude CHAPPE ((1763 – 1805).



PLAN DU COURS



SECTION 2: APERCU SUR LES RESEAUX DE TELECOMS

1.1. ORIGINE DE TELECOMS

1.1.2.DOMAINE D'APPLICATION

Les applications de l'Électricité sont regroupées en deux domaines principaux interdépendants :

- 1. Les techniques de l'énergie*
- 2. Les techniques de l'information*



PLAN DU COURS



SECTION 2: APERCU SUR LES RESEAUX DE TELECOMS

1.1. ORIGINE DE TELECOMS

1.1.2.DOMAINE D'APPLICATION

- *Les techniques de l'énergie* : assurent l'exploitation de l'énergie électrique : production ; la conversion, la distribution, l'utilisation de l'énergie électrique avec un meilleur rendement.

Les techniques de l'énergie électrique relève de l'Électrotechnique ou électricité industrielle ou génie électrique ou Électro -énergie.



PLAN DU COURS



SECTION 2: APERCU SUR LES RESEAUX DE TELECOMS

1.1. ORIGINE DE TELECOMS

1.1.2.DOMAINE D'APPLICATION

- *Les techniques de l'information* : comprend les techniques d'acquisition (Électronique), de transport (Télécoms) et de traitement de l'information (Informatique) portée par des signaux électriques.



PLAN DU COURS



SECTION 2: APERCU SUR LES RESEAUX DE TELECOMS

1.1. ORIGINE DE TELECOMS

1.1.2.DOMAINE D'APPLICATION

Les technologies de l'information et de communication (TIC ou IT, en anglais) constituent un ensemble des matériels électroniques, des services de télécoms et des logiciels informatiques utilisés pour la collecte, le traitement, la conservation et l'échange de l'information.



PLAN DU COURS



SECTION 2: APERCU SUR LES RESEAUX DE TELECOMS

1.1. ORIGINE DE TELECOMS

1.1.3. DEFINITION DU TERME TELECOMMUNICATIONS

- **Du point de vue étymologique**

Le terme « télécommunications » a été construit à partir de deux mots provenant du:

- Grec « tele » qui signifie: distance ou loin;
- Latin « comunicare » qui veut dire: partager ou être en commun ou être en relation avec quelque chose.



PLAN DU COURS



SECTION 2: APERCU SUR LES RESEAUX DE TELECOMS

1.1. ORIGINE DE TELECOMS

1.1.3. DEFINITION DU TERME TELECOMMUNICATIONS

- Du point de vue de l'UIT-T

Les télécommunications sont l'ensemble des techniques de transfert d'information (filaires, radioélectriques, optiques, etc.) quelle qu'en soit la nature (son, écrits, symboles, renseignements, donnée, images fixes ou animées, ...).



PLAN DU COURS

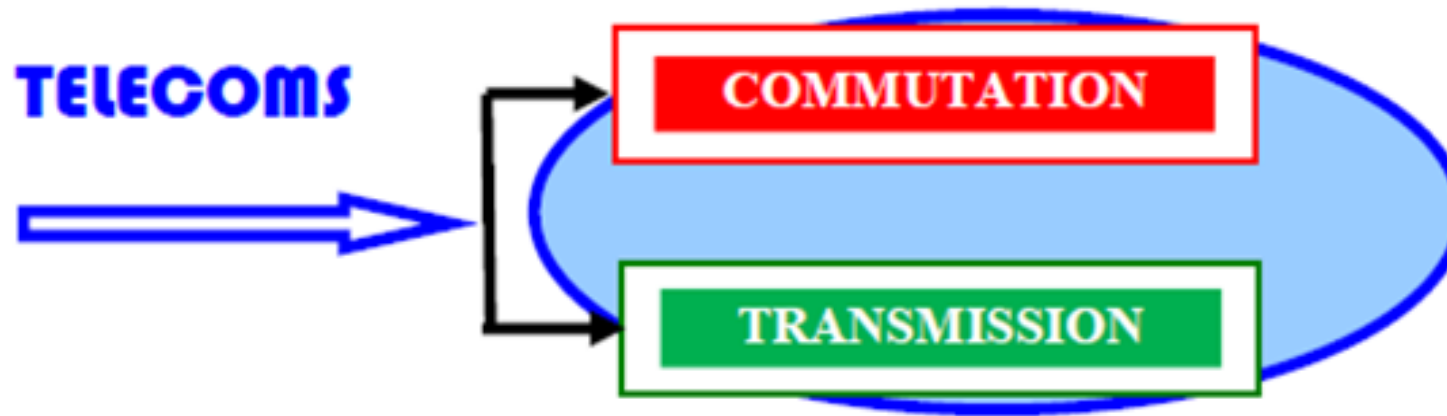


SECTION 2: APERCU SUR LES RESEAUX DE TELECOMS

1.1. ORIGINE DE TELECOMS

1.1.4 BRANCHE DE TELECOMS

Les Télécoms comprennent deux branches importantes :



PLAN DU COURS



SECTION 2: APERCU SUR LES RESEAUX DE TELECOMS

1.1. ORIGINE DE TELECOMS

1.1.4 BRANCHE DE TELECOMS

1. Commutation

La commutation est une branche de télécoms s'occupant des fonctions d'adressage, de numérotation pour l'acheminement de s appels à travers le réseau entre deux ou plusieurs entités communicantes. Elle comprend à la fois la signalisation et les techniques des connexions.



PLAN DU COURS



SECTION 2: APERCU SUR LES RESEAUX DE TELECOMS

1.1. ORIGINE DE TELECOMS

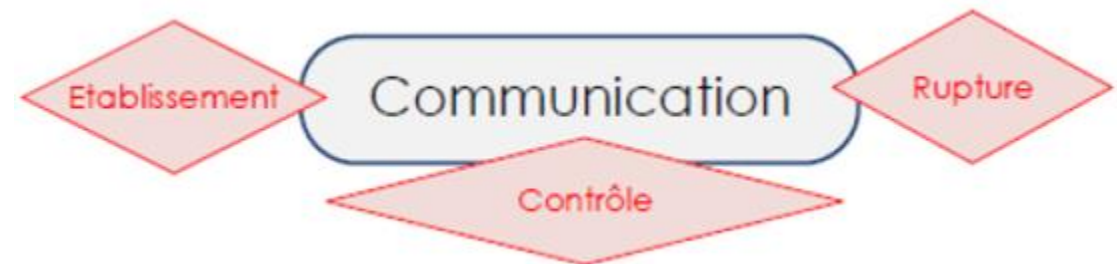
1.1.4 BRANCHE DE TELECOMS

- **Signalisation**

Ensemble des signaux échangés dans le réseau pour **établir, maintenir et libérer** une liaison temporaire de communication (physique ou virtuelle) entre 2 entités communicantes à travers un **nœud**

On rencontre 2 types de signalisation :

- Signalisation dans la bande
- Signalisation hors bande



PLAN DU COURS



SECTION 2: APERCU SUR LES RESEAUX DE TELECOMS

1.1. ORIGINE DE TELECOMS

1.1.4 BRANCHE DE TELECOMS

2. Transmission

Branche de télécoms s'occupant des techniques & procédés de transport des signaux porteurs d'informations d'un point à un autre à travers des supports aux 2 profils différents :

- Supports aux conduits physiques : propagation par guidage des signaux électriques ou signaux lumineux (propagation guidée) ;
- Supports sans fils : propagation par rayonnement d'ondes radioélectriques et ondes optiques (propagation libre).



PLAN DU COURS

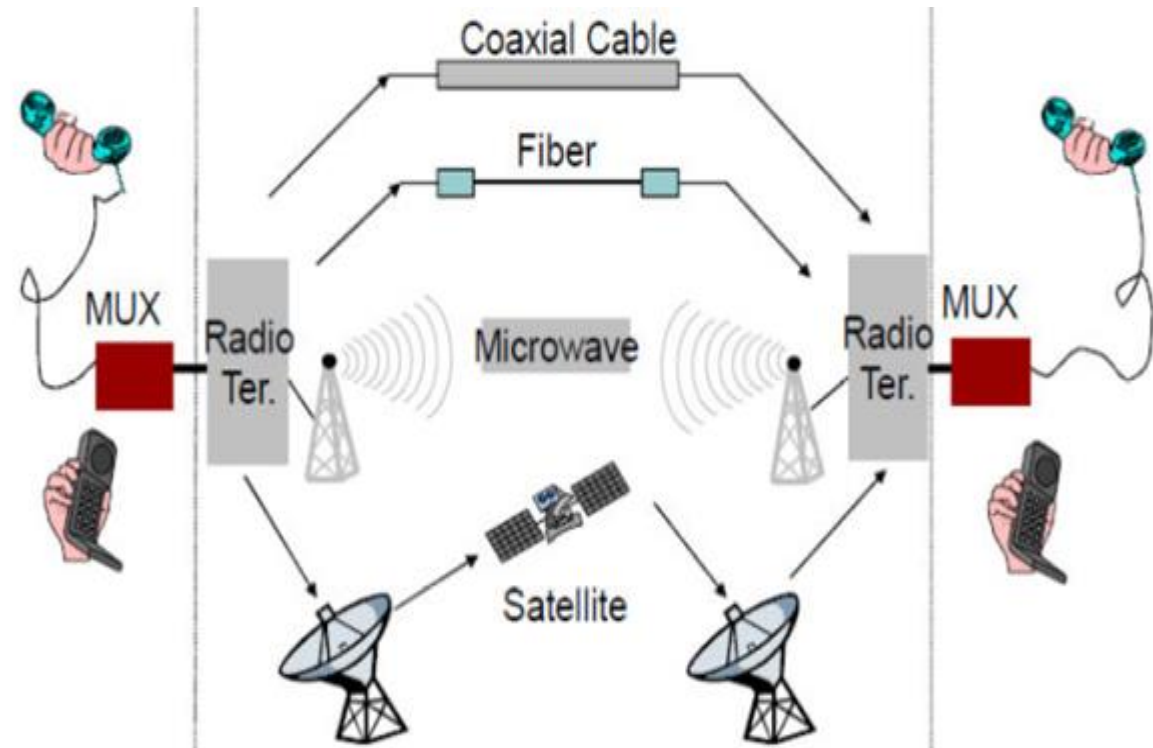


SECTION 2: APERCU SUR LES RESEAUX DE TELECOMS

1.1. ORIGINE DE TELECOMS

1.1.4 BRANCHE DE TELECOMS

2. Transmission



PLAN DU COURS

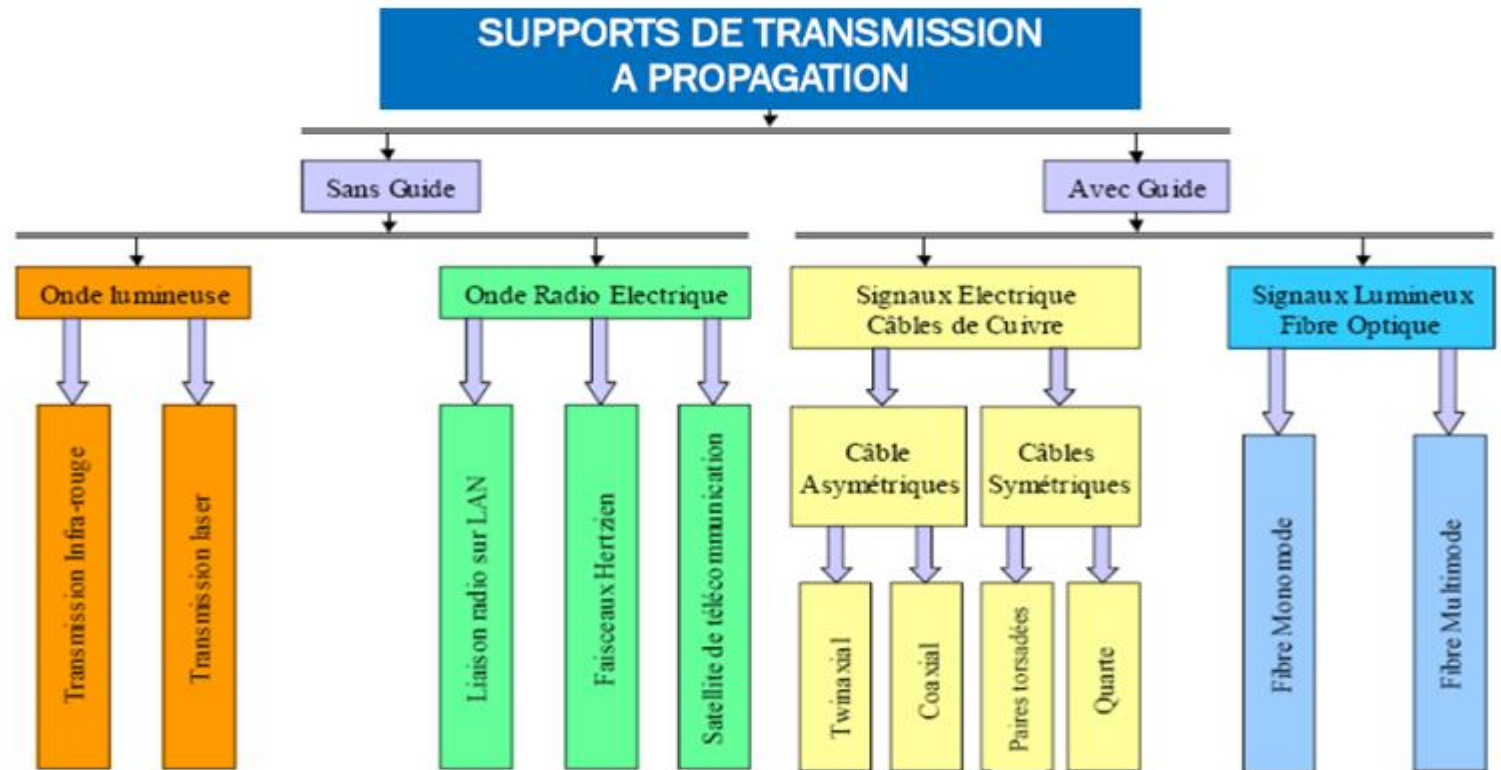


SECTION 2: APERCU SUR LES RESEAUX DE TELECOMS

1.1. ORIGINE DE TELECOMS

1.1.4 BRANCHE DE TELECOMS

2. Transmission



PLAN DU COURS



SECTION 2: APERCU SUR LES RESEAUX DE TELECOMS

1.1. ORIGINE DE TELECOMS

1.1.4 BRANCHE DE TELECOMS

2. Transmission

Pour transmettre les informations à travers les supports et systèmes de transmission, on recourt à plusieurs procédés : Modulation, Multiplexage, Amplification, Conversion A/N, Filtrage, Synthèse des fréquences, compression, adaptation d'impédance, détection et correction d'erreurs, ...



PLAN DU COURS



SECTION 2: APERCU SUR LES RESEAUX DE TELECOMS

1.2. NOTIONS DE SERVICE

1.2.1. FORMES DE SERVICE

Nous distinguons 2 type de service

- Bearer Service ou Service support : On fournit à un usager une voie de communication (physique ou virtuelle). Exemple : les liaisons louées (location E1, PABX, ...).
- Télé-service : on fournit un moyen complet de communication à l'utilisateur (transport et transfert de l'information de bout en bout). Exemple : le réseau téléphonique commuté, Internet.



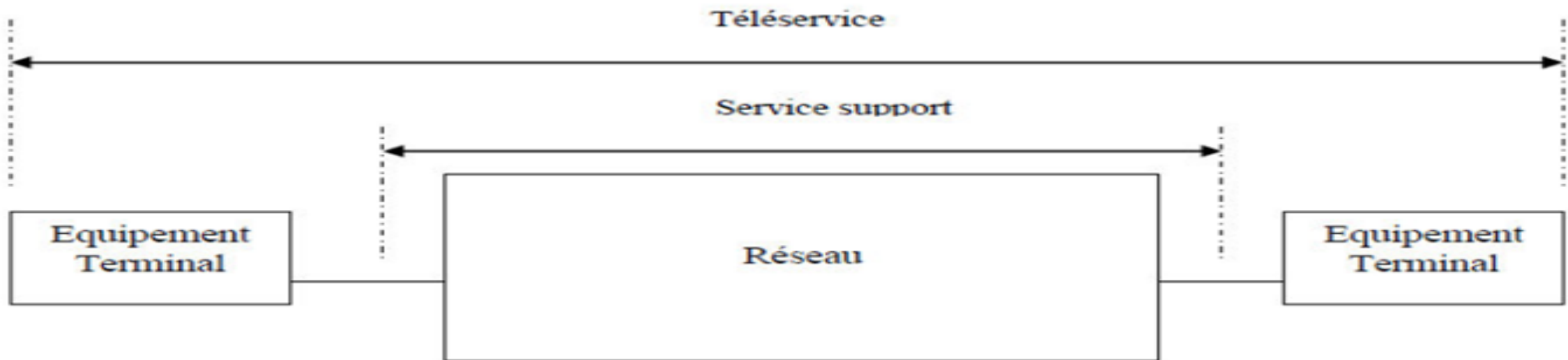
PLAN DU COURS



SECTION 2: APERCU SUR LES RESEAUX DE TELECOMS

1.2. NOTIONS DE SERVICE

1.2.1. FORMES DE SERVICE



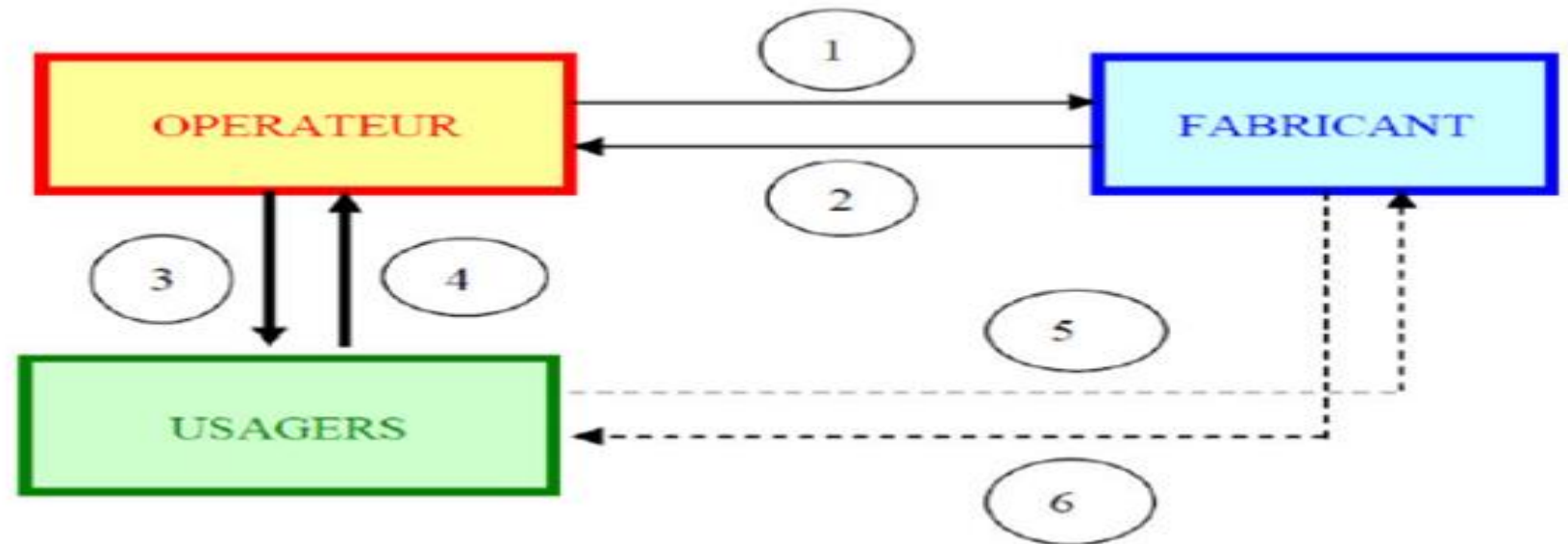
PLAN DU COURS



SECTION 2: APERCU SUR LES RESEAUX DE TELECOMS

1.2. NOTIONS DE SERVICE

1.2.2. PARTENAIRE DE SERVICE DE TELECOMS



PLAN DU COURS



SECTION 2: APERCU SUR LES RESEAUX DE TELECOMS

1.2. NOTIONS DE SERVICE

1.2.2. PARTENAIRE DE SERVICE DE TELECOMS

1. Cahier de charge ;
2. Offre + équipements ;
3. Service (prestations) ;
4. Taxes (factures) ;
5. Bons de commande ;
6. Offre + Equipements.



PLAN DU COURS



SECTION 2: APERCU SUR LES RESEAUX DE TELECOMS

1.2. NOTIONS DE SERVICE

1.2.3. ATTRIBUTS D'UN SERVICE

Suivant la relation clients/fournisseur, trois aspects de service sont indispensables à l'évaluation de QoS d'un réseau :

1. ABORDABLE
2. ACCESSIBLE
3. DISPONIBLE



PLAN DU COURS



SECTION 2: APERCU SUR LES RESEAUX DE TELECOMS

1.2. NOTIONS DE SERVICE

1.2.3. ATTRIBUTS D'UN SERVICE

ABORDABLE : prix à la portée de tous : Marketing

- Cibler le marché des masses (Population à faible revenu, offrir un service adapté) ;
- Faire la promotion des produits;
- Communiquer assez ;
- Vendre des téléphones à bas prix ;
- Renforcer la notoriété de la marque ; etc.



PLAN DU COURS



SECTION 2: APERCU SUR LES RESEAUX DE TELECOMS

1.2. NOTIONS DE SERVICE

1.2.3. ATTRIBUTS D'UN SERVICE

ACCESSIBLE : produit présent partout : Commercial

- Multiplier les points de vente (POS) dans chaque zone ciblée ;
- Vendre les services et produits dans chaque coin de la ville (station essence-centre commercial-vendeur de rue-free lancer-, etc0) ;
- Créer un réseau de distribution de masse à cout faible (distribution directe) ;
- Créer une force de vente mobile qui peut faire de porte à porte.



PLAN DU COURS



SECTION 2: APERCU SUR LES RESEAUX DE TELECOMS

1.2. NOTIONS DE SERVICE

1.2.3. ATTRIBUTS D'UN SERVICE

DISPONIBLE : permanence de la couverture du réseau : Technique

- augmenter la capacité du réseau dans les milieux à grand trafic (marché, centre ville, 0) ;
- Augmenter la portée pour assurer une bonne couverture à l'intérieur des immeubles/bâtiments ;



PLAN DU COURS



SECTION 2: APERCU SUR LES RESEAUX DE TELECOMS

1.2. NOTIONS DE SERVICE

1.2.3. QUALITE D'UN SERVICE

La qualité de service (QoS) est l'aptitude exprimant un degré d'excellence d'un service à répondre adéquatement à des besoins, explicites ou implicites, qui visent à satisfaire les usagers.

- ;



PLAN DU COURS



SECTION 2: APERCU SUR LES RESEAUX DE TELECOMS

1.2. NOTIONS DE SERVICE

1.2.3. QUALITE D'UN SERVICE

Critères de QoS

1. Du côté consommateur ou utilisateur :
2. Du côté de l'opérateur :



PLAN DU COURS

SECTION 2: APERCU SUR LES RESEAUX DE TELECOMS

1.2. NOTIONS DE SERVICE

1.2.3. QUALITE D'UN SERVICE

Critères de QoS

- Du coté consommateur ou utilisateur :
 - Couverture du réseau (puissance du signal reçu en tout point du réseau) : elle est indiquée par les barrettes affichées sur le MS. La qualité de la couverture est le critère physique et trivial à partir duquel l'abonné décide ou non de la bonne qualité du réseau.
 - Disponibilité du réseau : permanence d'avoir le service.
 - Durée d'établissement d'appel : une longue durée d'établissement d'appel pénalise le service offert par l'opérateur.



PLAN DU COURS

SECTION 2: APERCU SUR LES RESEAUX DE TELECOMS

1.2. NOTIONS DE SERVICE

1.2.3. QUALITE D'UN SERVICE

Critères de QoS

- Du côté consommateur ou utilisateur :
 - Coupure d'appel ou interruption de communications : c'est un phénomène qui gêne beaucoup les abonnés.
 - Qualité auditive de la communication (puissance du signal, brouillage, écho, ronflement, voix faible, silence, diaphonie, ...).
 - Délai d'acheminement : temps écoulé entre l'envoi d'un paquet et sa réception par le destinataire (Délai de bout-en-bout)



PLAN DU COURS

SECTION 2: APERCU SUR LES RESEAUX DE TELECOMS

1.2. NOTIONS DE SERVICE

1.2.3. QUALITE D'UN SERVICE

Critères de QoS

➤ Du coté de l'opérateur :

- Maintenabilité ;
- Fiabilité ;
- Fidélité ;
- Flexibilité ;
- Intégrité ;



PLAN DU COURS

SECTION 2: APERCU SUR LES RESEAUX DE TELECOMS

1.2. NOTIONS DE SERVICE

1.2.3. QUALITE D'UN SERVICE

Critères de QoS

➤ Du coté de l'opérateur :

- Extensibilité ;
- Simplicité ;
- Sensibilité ;
- Rentabilité ;
- Sécurité ; etc



PLAN DU COURS

SECTION 2: APERCU SUR LES RESEAUX DE TELECOMS

1.2. NOTIONS DE SERVICE

1.2.3. QUALITE D'UN SERVICE

Critères de QoS

➤ Du coté de l'opérateur :

- Extensibilité ;
- Simplicité ;
- Sensibilité ;
- Rentabilité ;
- Sécurité ; etc



PLAN DU COURS

SECTION 2: APERCU SUR LES RESEAUX DE TELECOMS

1.2. NOTIONS DE SERVICE

1.2.3. QUALITE D'UN SERVICE

Critères de QoS

➤ Du coté de l'opérateur :

- Extensibilité ;
- Simplicité ;
- Sensibilité ;
- Rentabilité ;
- Sécurité ; etc



Références bibliographiques

Références bibliographiques

1. Boutaba, R., Salahuddin, M. A., Limam, N., Ayoubi, S., Shahriar, N., Estrada-Solano, F., & Caicedo, O. M. (2018). A Comprehensive Survey on Machine Learning for Networking: Evolution, Applications and Research Opportunities. *Journal of Internet Services and Applications*, 9(1), 16.

Une revue récente qui couvre l'utilisation du machine learning pour les réseaux et ses applications dans divers domaines.

2. Deng, S., Zhao, H., Fang, W., Yin, J., Dustdar, S., & Zomaya, A. Y. (2020). Edge Intelligence: The Confluence of Edge Computing and Artificial Intelligence. *IEEE Internet of Things Journal*, 7(8), 7457-7469.

Cet article explore comment l'IA est déployée dans les architectures d'edge computing pour les réseaux modernes.

3. Zhang, Z., Li, X., Wang, R., & Jin, Z. (2021). A Survey on Network Anomaly Detection Using Machine Learning Techniques. *IEEE Access*, 9, 20750–20761.

Un examen complet des méthodes de détection d'anomalies basées sur le machine learning dans les réseaux.

4. Dong, Y., Luo, M., Wang, J., & Li, L. (2022). AI-Empowered Network Intrusion Detection System for IoT Using Blockchain Technology. *IEEE Internet of Things Journal*, 9(1), 439–447.

Cet article combine l'IA et la blockchain pour renforcer la sécurité des systèmes de détection d'intrusion dans les réseaux IoT.

5. Wang, W., Zhu, M., Zeng, X., Ye, X., & Sheng, W. (2020). End-to-End Encrypted Traffic Classification With One-Dimensional Convolution Neural Networks. *IEEE Access*, 8, 38472–38482.

Cet article se concentre sur l'utilisation de réseaux de neurones convolutifs (CNN) pour classer le trafic réseau chiffré.



Références bibliographiques



Références bibliographiques

6. Bhuyan, M. H., Bhattacharyya, D. K., & Kalita, J. K. (2022). Network Traffic Anomaly Détection and Prévention: Concepts, Techniques, and Tools. Springer.

Un livre récent qui aborde les concepts de détection et prévention des anomalies dans les réseaux, en mettant l'accent sur les techniques modernes.

7. Nguyen, T. T., & Armitage, G. (2018). A Survey of Techniques for Internet Traffic Classification Using Machine Learning. IEEE Communications Surveys & Tutorials, 10(4), 56-76.

Une revue des méthodes d'apprentissage automatique pour la classification du trafic Internet.

8. Mao, Q., Hu, F. R., & Hao, Q. (2018). Deep Learning for Intelligent Wireless Networks: A Comprehensive Survey. IEEE Communications Survey & Tutorials, 20(4), 2595-2621.

Un guide détaillé sur l'application de l'apprentissage profond dans les réseaux sans fil.

9. Li, H., Ota, K., & Dong, M. (2018). Learning IoT in Edge: Deep Learning for the Internet of Things with Edge Computing. IEEE Network, 32(1), 96-101.

Cet article discute de l'utilisation de l'apprentissage profond dans le contexte de l'Internet des objets (IoT) avec l'edge computing.

10. Sarker, I. H., Kayes, A., & Badsha, S. (2022). Cybersecurity Data Science: An Overview from Machine Learning Perspective. Journal of Big Data, 9(1), 36.

Un article récent qui met en lumière l'application du machine Learning à la cyber sécurité, en se concentrant sur la détection des intrusions.

