

Lycée Gaston CRAMPE - 40800 AIRE/ADOUR



**Section de Techniciens Supérieurs en
Cybersécurité Informatique réseaux et
Electronique :
Option A : Informatique et Réseaux**

STS CIEL-IR

**Les Réseaux Locaux
(LAN : Local Area Network)
Couches Basses**

Étudiant :



Layer 7	Application
Layer 6	Presentation
Layer 5	Session
Layer 4	Transport
Layer 3	Network
Layer 2	Data Link
Layer 1	Physical

Enseignant : Jean-Claude CABIANCA

LES RÉSEAUX LOCAUX

LAN : Local Area Network

Couches Basses

Fiche 1 : Introduction aux LAN (Local Area Network)

Fiche 2 : Modèles en couches des LAN

Fiche 3 : Équipements d'interconnexion

Fiche 4 : Supports de transmission et câbles sous-marins

Fiche 5 : Adressage Physique de Couche 2 - Adresse MAC

Fiche 6 : Adressage Logique de Couche 3 - Adresse IPv4

Fiche 7 : Sous-Réseaux et masques IPv4

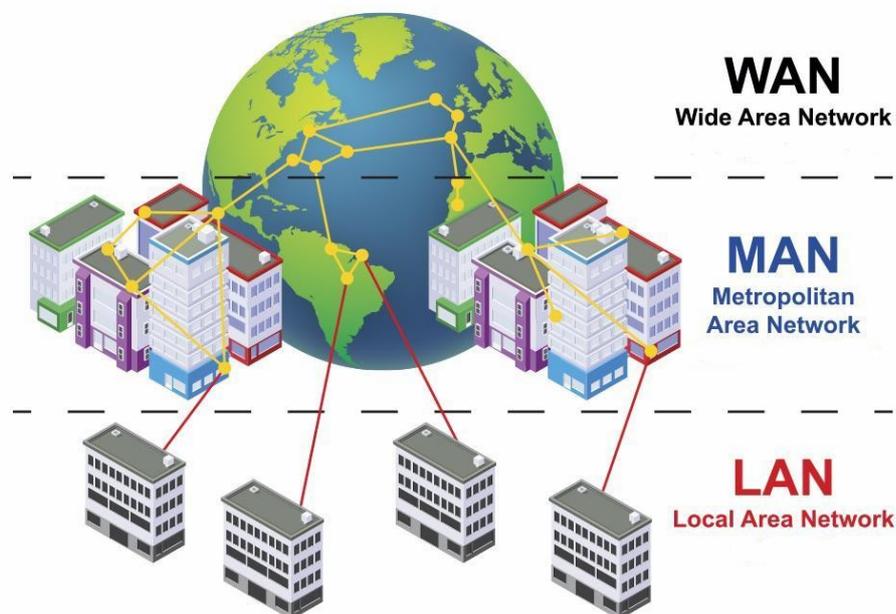
Fiche 8 : Commutation et Routage

1 - Introduction aux LAN (Local Area Network)

1. Classification des réseaux

Suivant le **diamètre d'un réseau**, c'est-à-dire l'**éloignement maximal entre les nœuds**, on peut le **classer** dans une des catégories suivantes, classées par ordre croissant de capacité :

- **Réseau Local (LAN : Local Area Network)** : Réseau dont les nœuds se trouvent dans le même bâtiment ou dans des bâtiments voisins, donc éloignés jusqu'à quelques centaines de mètres. Un cas particulier est le réseau local sans-fil ou **WLAN (Wireless Local Area Network)** ;
- **Réseau Métropolitain (MAN : Metropolitan Area Network)** : Réseau dont les nœuds se situent dans la même métropole. Les fibres optiques sont souvent utilisées pour la réalisation d'un tel réseau ;
- **Réseau Etendu** ou (inter)national (**WAN : Wide Area Network**) : Réseau dont les nœuds sont géographiquement très éloignés les uns des autres (plusieurs centaines ou milliers de kilomètres). Ce type de réseau utilise les réseaux publics (les lignes téléphoniques) ainsi que les câbles sous-marins.



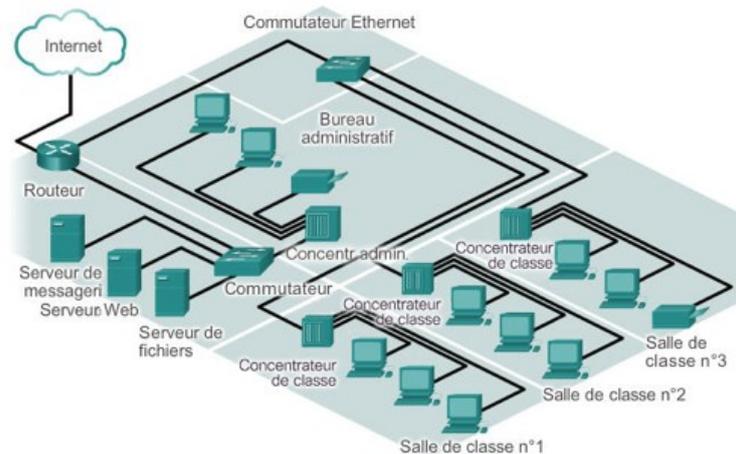
Remarque : On parle aussi de :

- **PAN (Personal Area Network)** qui correspond à un réseau personnel comportant très peu de machines généralement mis en œuvre dans un espace d'une dizaine de mètres ;
- **SAN (Storage Area Network)** qui correspond à un réseau de stockage ;
- **BAN (Body Area Network)** qui correspond à un réseau sans-fil permettant de connecter de minuscules capteurs autour du corps humain.

2. Topologies des LAN

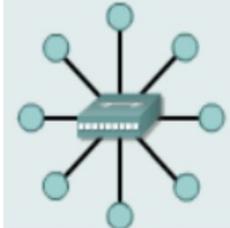
Topologie Physique

Cette topologie est communément appelée "**topologie de niveau 2**", en référence à la couche 2 **Liaison de données** du modèle OSI - *Open Systems Interconnection*.

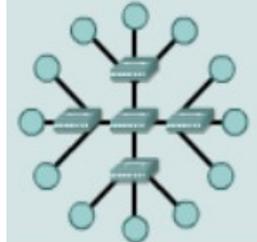


Les 3 **topologies physiques** couramment utilisées sont les suivantes :

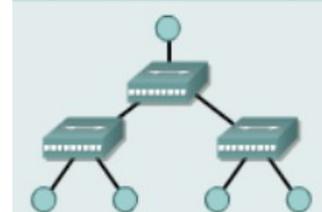
Topologie en étoile



Topologie en étoile étendue

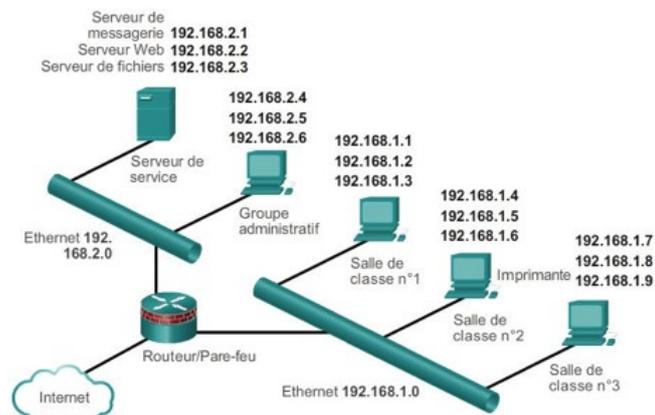


Topologie hiérarchique



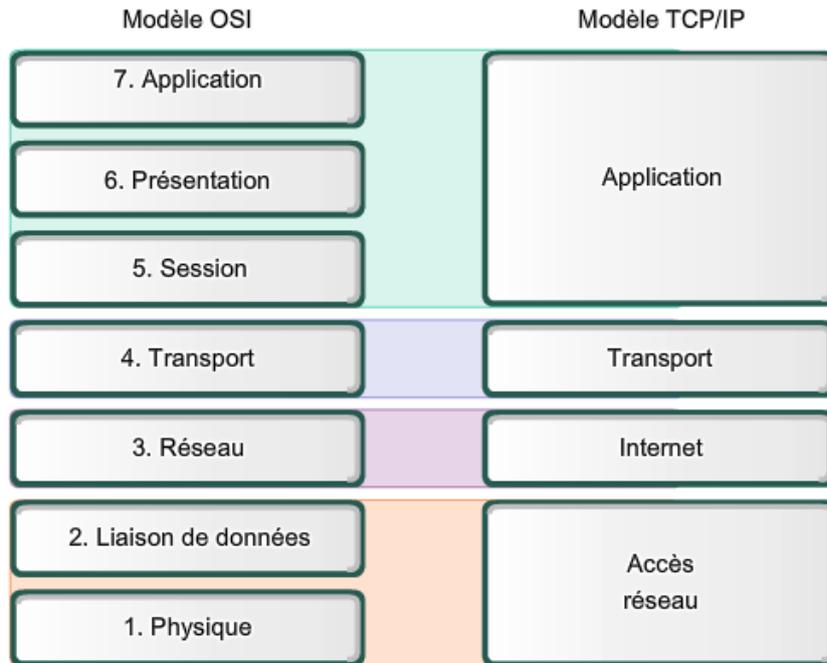
Topologie Logique

Cette topologie est communément appelée "**topologie de niveau 3**", en référence à la couche 3 **Réseau** du modèle OSI.

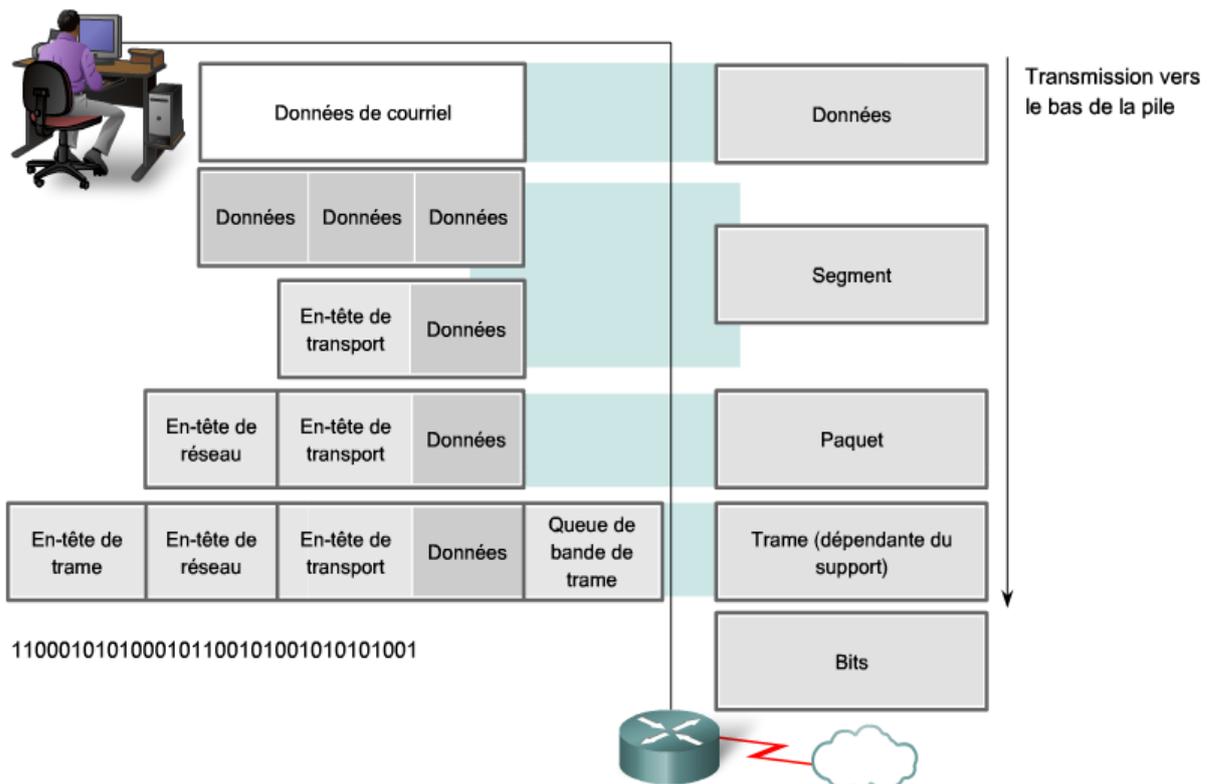


2 - Modèles en couches des LAN

1. Modèles en couches



2. Processus d'encapsulation



3. Synthèse modèle OSI pour les LAN

Couche OSI	Rôle de la couche	Caractéristiques	Protocoles	Format des données	
Application 7	Définit les interfaces entre le réseau et l'utilisateur	Nom (www.google.fr machine portant le nom www dans le domaine google.fr)	FTP (21) SSH (22) Telnet (23) SMTP (25) HTTP (80) POP (110)	Messages	
Présentation 6	Standardise les formats de données entre les systèmes				DHCP (67) DNS (53) SNMP (161) TFTP (69)
Session 5	Gère les sessions et les dialogues des utilisateurs				UDP Non connecté
Transport 4	Livraison des messages de bout en bout à travers le réseau	Numéro de port Numéro d'ordre	TCP Connecté	Segments	
Réseau 3	Achemine les paquets d'après une adresse réseau unique	Routage Adresse logique (IP)	IP	Paquets (datagrammes)	
Liaison de données 2	Définit la procédure d'accès au support	CSMA CD, CSMA CA Adresse physique (MAC)	Ethernet 802.2	Trames	
	Sécurisation des échanges	CRC, Checksum , Parité	802.3 et 802.11		
Physique 1	Définit le codage de l'information	NRZ, Manchester, MLT-3, NRZI	802.3 et 802.11	Bits (tension)	
	La topologie	Étoile, bus et anneau			
	Le support de transmission	Paires torsadées, fibres optiques et sans-fil			

3 - Équipements d'interconnexion

1. Gateway (Passerelle)

Unité fonctionnelle qui permet l'interconnexion de deux réseaux d'architecture différente. La **passerelle** intervient au niveau de la **couche Application (couche 7)**.

2. Routeur

Il crée une **segmentation logique** de réseaux. Il assure le passage de l'information entre deux sous-réseaux logiques distincts en choisissant le meilleur chemin. C'est la **couche réseau** qui assure ce routage. Il n'est pas transparent, il faut donc l'adresser pour le traverser. Le **Routeur** intervient au niveau de la **couche Réseau (couche 3)**.

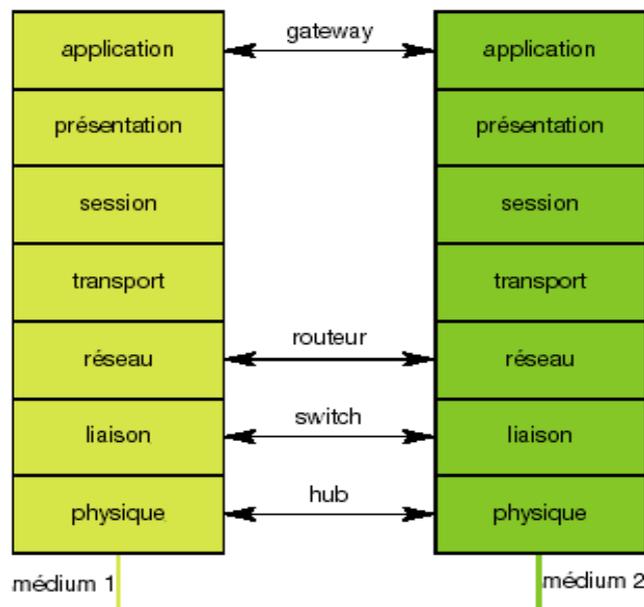
3 Switch

Il transmet les données reçues sur un port, seulement vers le port sur lequel la station destinatrice est connectée. Il assure la prolongation du support au delà des limites en distance du standard (segment) en réalisant une remise en forme des signaux. Il supprime les collisions et les paquets non valides et réduit la charge moyenne sur le réseau entier. Le **switch** intervient au niveau de la **couche Liaison de données (couche 2)**.

4 Concentrateurs (hubs)

Les données reçues sur un port sont envoyées à tous les autres ports. Le **hub** ne possède pas de mémoire interne et diffuse les collisions : plus il y a d'équipements, plus il y a de collisions et plus la charge est importante. Pour cette raison, le **hub** n'est plus utilisé et est remplacé par le **switch**. Le **hub** intervient au niveau de la **couche Physique (couche 1)**.

5 Résumé



4 - Supports de transmission - Couche 1

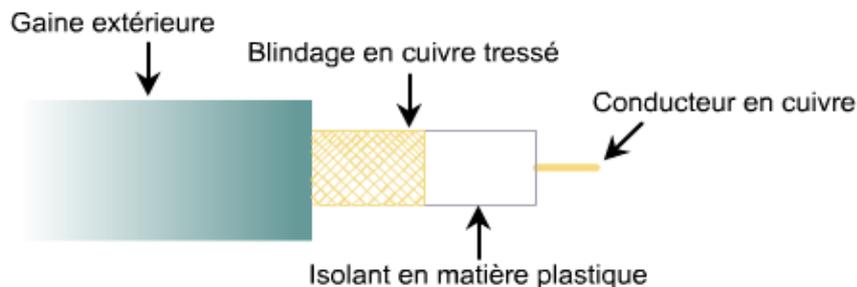
1. Présentation

Il existe 3 types de support pour transmettre de l'information :

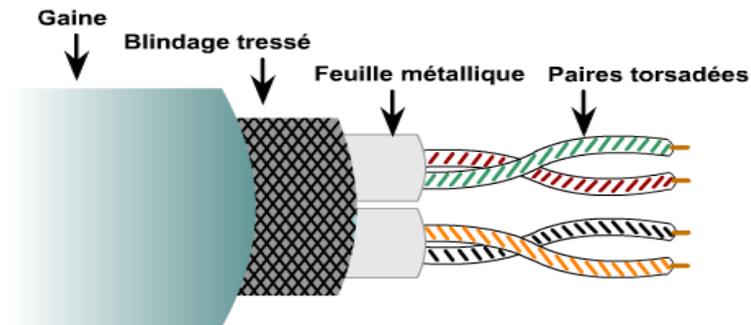
- **Le câble en cuivre** : Le **câble de cuivre** est utilisé dans la plupart des réseaux locaux. Les nombreux modèles disponibles présentent chacun des avantages et des inconvénients ;
- **La fibre optique** : La **fibre optique** est le médium le plus couramment utilisé pour assurer les transmissions point-à-point, plus longues et à haut débit sur des *dorsales* (artère principale) de réseau local (LAN) et sur des réseaux longue distance (WAN) ;
- **Les médias sans fil** : L'introduction de la **technologie sans fil** supprime ces contraintes et confère aux réseaux informatiques une réelle portabilité. Si la technologie sans fil n'offre pas encore les transferts haut débit, la sécurité ou la fiabilité du temps de fonctionnement des réseaux câblés, son adaptabilité compense largement ces inconvénients.

2. Le câble en cuivre

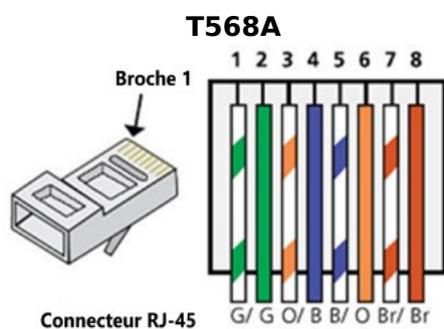
2.1. Le câble coaxial



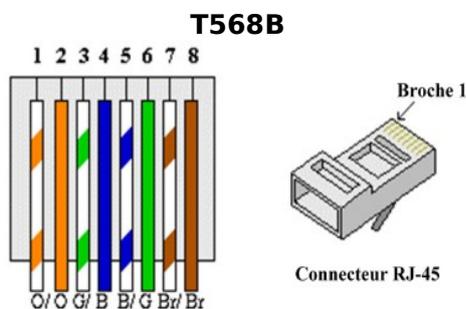
2.2. Le câble à paires torsadées



Pour un **câble à paire torsadée non blindée (UTP : Unshielded Twisted Pair)** le connecteur final est du type **RJ45** normalisée **T568A** ou **T568B** :



Numéro de broche	Numéro de paire	Couleur du fil	Signal 10BaseT Signal 100Base-TX	Signal 1000Base-T
1	2	Blanc/vert	Transmission	BI_DA+
2	2	Vert	Transmission	BI_DA-
3	3	Blanc/orange	Réception	BI_DB+
4	1	Bleu	Non utilisé	BI_DC+
5	1	Blanc/bleu	Non utilisé	BI_DC-
6	3	Orange	Réception	BI_DB-
7	4	Blanc/brun	Non utilisé	BI_DD+
8	4	Brun	Non utilisé	BI_DD-

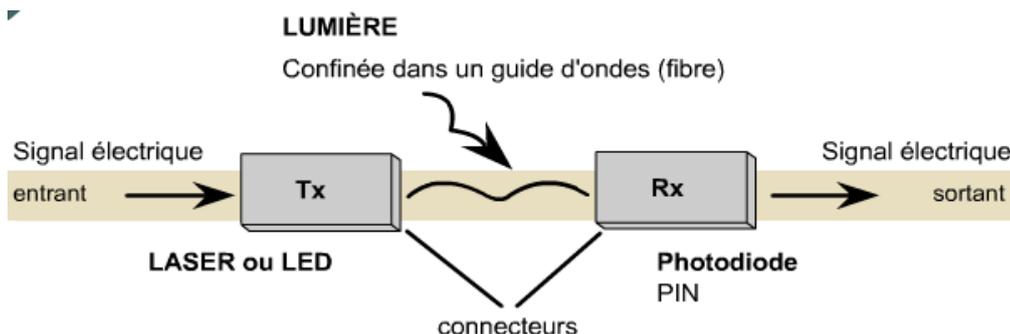


Numéro de broche	Numéro de paire	Couleur du fil	Signal 10BaseT Signal 100Base-TX	Signal 1000Base-T
1	2	Blanc/orange	Transmission	BI_DA+
2	2	Orange	Transmission	BI_DA-
3	3	Blanc/vert	Réception	BI_DB+
4	1	Bleu	Non utilisé	BI_DC+
5	1	Blanc/bleu	Non utilisé	BI_DC-
6	3	Vert	Réception	BI_DB-
7	4	Blanc/brun	Non utilisé	BI_DD+
8	4	Brun	Non utilisé	BI_DD-

Avec ce type de support, on peut atteindre des débits de **1 000 Mbits/s** pour une longueur de câble maximale de **100m**.

3. La fibre optique

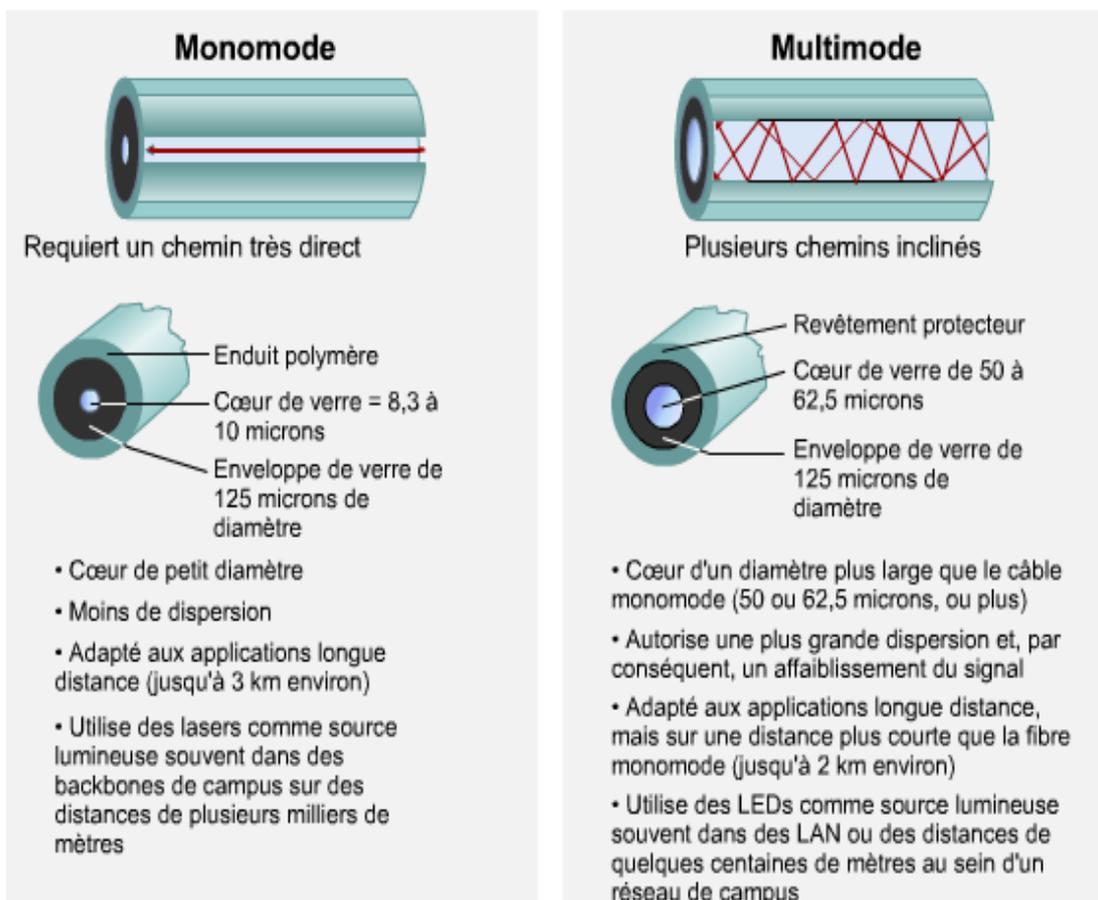
3.1. Principe



3.2. Connecteurs



3.3. La fibre monomode et multimode



4. Les médias sans-fil

	<ul style="list-style-type: none"> • Normes IEEE 802.11 • Aussi appelé Wi-Fi • CSMA/CA • Avec des variantes : <ul style="list-style-type: none"> • 802.11a : 54 Mbit/s, 5 GHz • 802.11b : 11 Mbit/s, 2,4 GHz • 802.11g : 54 Mbit/s, 2,4 GHz • 802.11n : 600 Mbit/s, 2,4 et 5 GHz • 802.11ac : 1 Gbit/s, 5 GHz • 802.11ad : 7 Gbit/s, 2,4 GHz, 5 GHz et 60 GHz
	<ul style="list-style-type: none"> • Norme IEEE 802.15 • Vitesse jusqu'à 3 Mbit/s • Jumelage de périphériques sur des distances de 1 à 100 mètres
	<ul style="list-style-type: none"> • Norme IEEE 802.16 • Vitesse jusqu'à 1 Gbit/s • Utilise une topologie point à multipoint pour fournir un accès à large bande sans fil

La norme **802.11** (bande de fréquences de 2,4 GHz) s'applique aux équipements sans fil fonctionnant dans la gamme des 1 à 2 Mbits/s. La norme **802.11b** a été ensuite approuvée pour accroître les fonctions de transmission à 11 Mbits/s. La norme **802.11b** est aussi appelée norme **Wi-Fi** ou norme sans fil haut débit.

Norme	Débit maximal	Fréquence	Rétro-compatible
802.11a (Wi-Fi 2)	54 Mbit/s	5 GHz	Non
802.11b (Wi-Fi)	11 Mbit/s	2,4 GHz	Non
802.11g(Wi-Fi 3)	54 Mbit/s	2,4 GHz	802.11b
802.11n (Wi-Fi 4)	600 Mbit/s	2,4 GHz ou 5 GHz	802.11b/g
802.11ac (Wi-Fi 5)	1,3 Gbit/s	2,4 GHz et 5 GHz	802.11b/g/n
802.11ad	7 Gbit/s	2,4 GHz, 5 GHz et 60 GHz	802.11b/g/n/ac
802.11ax (Wi-Fi 6)	9,6 Gbit/s	2,4 GHz et 5 GHz	802.11b/g/n/ac/ad

5. Les câbles sous-marins

5.1. Introduction

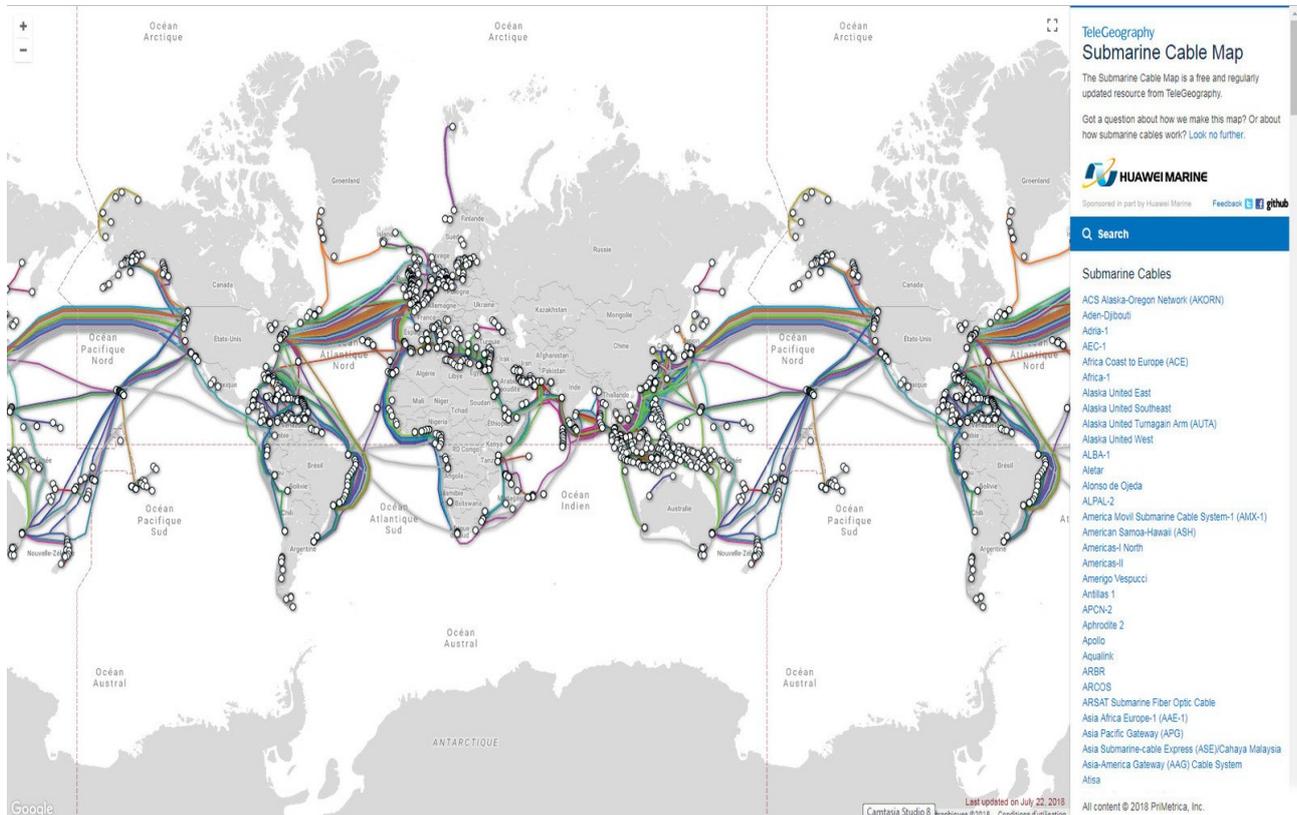
Le premier câble de communication transatlantique a été installé en **1859** et en **1956** a lieu la pose du premier **câble téléphonique coaxial (TAT1)**. Enfin en **1988**, c'est l'ère du **numérique** : les informations sont transmises sous forme de **0** et de **1**. Les **câbles coaxiaux** sont remplacés par la **fibres optiques**.

Les **câbles sous marins** ne répondent évidemment pas aux mêmes contraintes mécaniques que des câbles plus classiques terrestres, et leur pose et déploiement constitue aussi un challenge. L'innovation dans le domaine des câbles ne réside donc pas seulement au niveau de la transmission de l'information, mais aussi dans leur structure mécanique et leur pose.

5.2. Structure du réseau actuel

Les innovations techniques permettent d'obtenir des débits intercontinentaux pouvant atteindre jusqu'à **160 Tbit/s**. Cependant, il est important de considérer que ces débits s'inscrivent dans un contexte d'offre et de demande. Il ne s'agit pas d'installer entre tous les pays des câbles à capacité maximale. Il est donc logique que les **Etats-Unis**, l'**Europe** et le **Japon** forment les nœuds les plus actifs du réseau sous-marin.

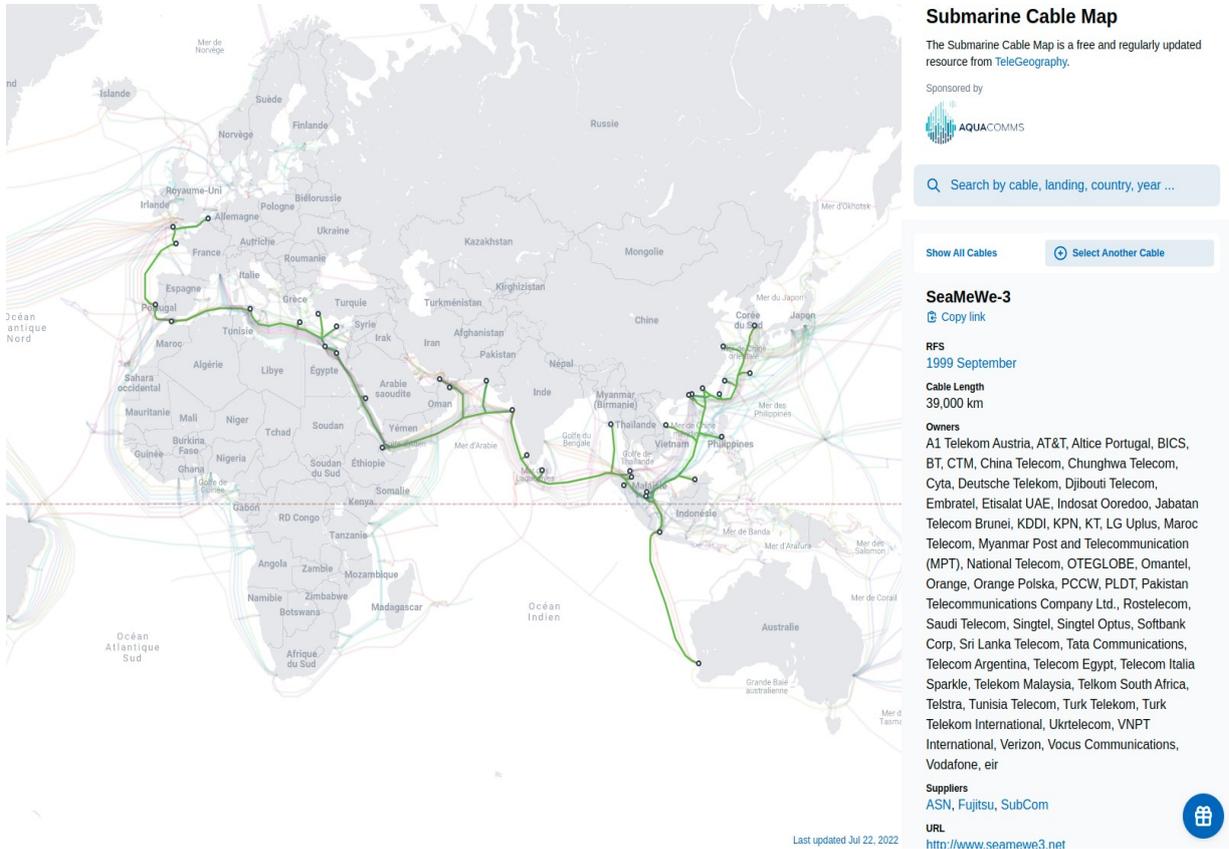
On peut retrouver la **carte** de tous les **câbles sous marins** à l'adresse <https://www.submarinecablemap.com/> :



En **2022**, on recense **440** câbles sous marins qui acheminent les données numériques dans le monde totalisant **1 300 000 kms**, soit 32 fois le tour de la terre.

La durée de vie moyenne d'un câble est de **25 ans**.

Le plus long câble du monde mesure **39000 kms** et se nomme **SeaMeWe-3** (South-East Asia - Middle East - Western Europe 3). Le système comporte 39 points d'atterrissements divisés en 10 segments :



5.3. Les étapes de la pose d'un câble sous-marin

Les différentes étapes de la pose d'un câble sous-marin sont les suivantes (<https://marine.orange.com/fr/actualites/la-pose-de-cables-sous-marins/>) :

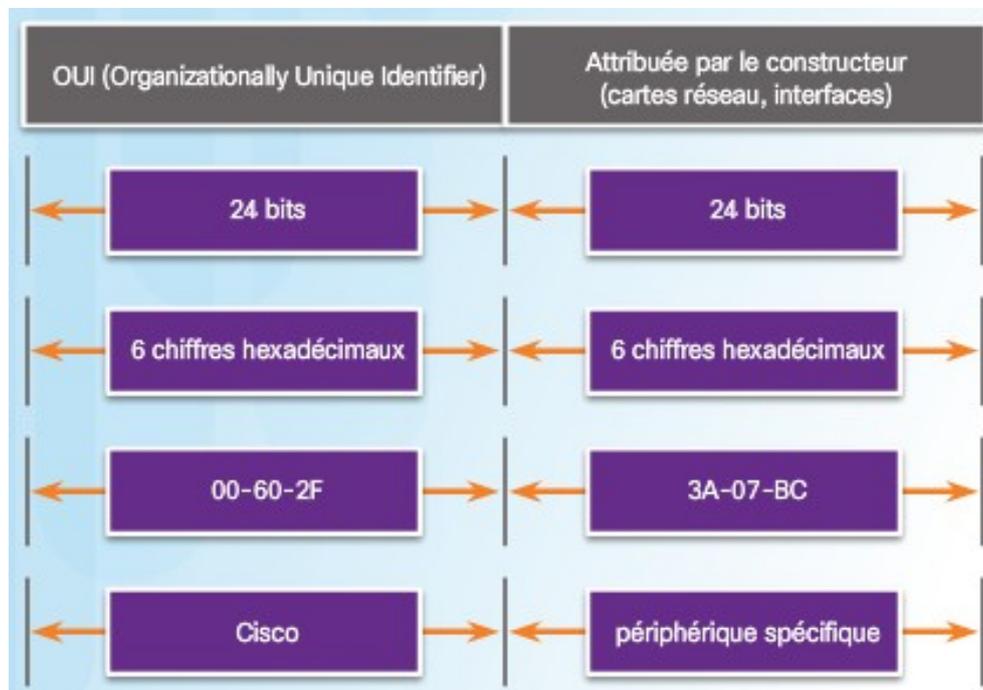
- **une étude du fond des mers** : Une étude topographique est faite pour choisir le tracé potentiel de la liaison ;
- **l'embarquement** : L'opération d'embarquement correspond au chargement du câble et des répéteurs sur le navire ;
- **La pose du câble** : La pose classique "grand fond" s'effectue grâce à une machine à câble installée sur le pont du navire. Sur les zones sensibles, le câble est ensouillé à environ 80 cm sous le sol par une profondeur de 20 à 1500 m ;
- **La pose d'un atterrissage** : Le câble est remorqué vers la plage. À son arrivée sur la plage il est solidement ancré et connecté au réseau terrestre.

5 - Adressage Physique de couche 2 Adresse MAC

1. Présentation

Au niveau de la **couche 2 OSI**, chaque hôte est identifié par une adresse **MAC (Media Access Control)** codée sur **48 bits (6 octets)**.

La valeur de l'adresse **MAC** est imposée par l'**IEEE**. L'**IEEE** attribue au revendeur de périphérique Ethernet un code de **3 octets** appelé **OUI (Organizationally Unique Identifier ou Identifiant unique d'organisation)**.



2. Exemples d'OUI

00-1B-3F (hex)	ProCurve Networking by HP
001B3F (base 16)	ProCurve Networking by HP
	8000 Foothills Blvd.
	Roseville California 95747
	UNITED STATES

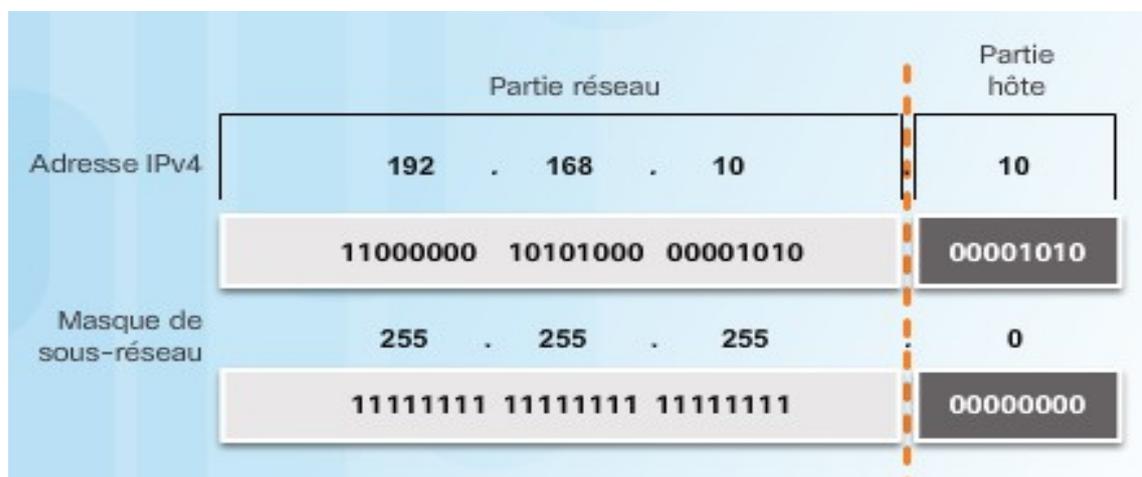
00-1B-40 (hex)	Network Automation mxc AB
001B40 (base 16)	Network Automation mxc AB
	Box 7294
	Stockholm 10390
	SWEDEN

6 - Adressage Logique de couche 3 Adresse IPv4

1. Présentation

Au niveau de la **couche 3 OSI**, chaque **hôte** est identifié par une adresse logique **IPv4** codée sur **32 bits (4 octets)** représentée au format **décimal pointé**. Par exemple **192.168.10.10**.

Elle est composée d'une partie **réseau (bits situés à gauche)** et d'une partie **hôte (bits situés à droite)** imposées par le **masque**.



Remarque : Sur un **même support physique**, seuls les équipements appartenant au même **réseau logique (même adresse réseau)** peuvent communiquer entre eux.

2. Détermination de l'adresse réseau

Pour déterminer l'**adresse du réseau** il faut :

- Positionner à **0** tous les **bits** de la **partie hôte** ;
- Ou réaliser une opération de **ET logique** entre une **adresse IP du réseau** et le **masque de réseau** :

Adresse Réseau = Adresse hôte ET Masque.

	172	25	114	250
Adresse IP	10101100	00011001	01110010	11111010
Masque de sous-réseau	11111111	11111111	00000000	00000000
Adresse réseau	10101100	00011001	00000000	00000000
	172	25	0	0

3. Détermination de l'adresse de diffusion

Pour déterminer l'**adresse de diffusion** il faut :

- Positionner à **1** tous les **bits** de la **partie hôte** ;
- Ou réaliser une opération de **OU logique** entre **une adresse IP du réseau** et le **masque de réseau complété** :

$$\text{Adresse Diffusion} = \text{Adresse hôte} \text{ OU } \text{Masque.}$$

	172	25	0	0
Adresse réseau	10101100	00011001	00000000	00000000
Mask	11111111	11111111	00000000	00000000
Diffusion.	10101100	00011001	11111111	11111111
	172	25	255	255

4. Détermination du nombre d'hôtes

$$\text{Nombre total d'hôtes} = 2^n - 2 \text{ avec } n \text{ le nombre de bits d'hôtes}$$

5. Détermination de l'adresse du premier hôte (adresse minimale)

$$\text{Adresse Premier hôte} = \text{Adresse Réseau} + 1$$

6. Détermination de l'adresse du dernier hôte (adresse maximale)

$$\text{Adresse Dernier hôte} = \text{Adresse Diffusion} - 1$$

7. Adresses réservées

Adresse de tous les réseaux : Adresse valant **0.0.0.0** ;

Adresse de Localhost (loopback) : Adresse commençant par **127** dans le premier octet ;

Adresses réservées pour le **multicast** : Adresses supérieures à **223** dans le premier octet.

8. Adresses privées et adresses publiques

Contrairement aux adresses **IP publiques**, les adresses **IP privées** constituent une plage réservée de valeurs pouvant être utilisées par tous. Cela signifie que plusieurs réseaux peuvent utiliser les mêmes adresses privées. Pour empêcher les conflits d'adressage, les **routeurs** ne doivent jamais acheminer des adresses IP privées, on dit qu'une adresse IP privée n'est pas routable.

Plages d'adresses réservées pour les réseaux privés	Préfixe CIDR (Classless Inter Domain Routing)
10.0.0.0 à 10.255.255.255	10.0.0.0 / 8
172.16.0.0 à 172.31.255.255	172.16.0.0 / 12
192.168.0.0 à 192.168.255.255	192.168.0.0 / 16

7 – Sous-Réseaux et Masques IPv4 de Couche 3

1. Sous-réseaux

Les administrateurs réseau doivent parfois **diviser** les réseaux, notamment les réseaux de grande taille, en réseaux plus petits. Appelés **sous-réseaux**, ces entités assurent une souplesse accrue au niveau de l'adressage et du routage. Pour créer une **adresse de sous-réseau**, l'administrateur réseau **emprunte des bits à la portion hôte d'origine et les désigne comme champ de sous-réseau**.

Réseau	Hôte d'origine	
	Sous-réseau	Hôte

2. Exemples de sous-réseaux

Si le masque d'origine vaut : **255.255.255.0** ou /24 et si on réserve **2 bits** pour les **sous-réseaux** :
 le masque devient : **255.255.255.192** ou /26
 $26 - 24 = 2$ bits pour les **sous-réseaux** donc $2^2 = 4$ **sous-réseaux**
 $32 - 26 = 6$ bits pour les **hôtes** donc $2^6 - 2 = 62$ **hôtes**

Si le masque d'origine vaut : **255.255.0.0** ou /16 et si on réserve **5 bits** pour les **sous-réseaux** :
 le masque devient : **255.255.248.0** ou /21
 $21 - 16 = 5$ bits pour les **sous-réseaux** donc $2^5 = 32$ **sous-réseaux**
 $32 - 21 = 11$ bits pour les **hôtes** donc $2^{11} - 2 = 2046$ **hôtes**

3. Masques et nombre d'hôtes

Masque CIDR	Masque décimal pointé	Nombre d'hôtes Maximum
/31	255.255.255.254	$2^{(32-31)} - 2 = 2^1 - 2 = 0$
/30	255.255.255.252	$2^{(32-30)} - 2 = 2^2 - 2 = 2$
/29	255.255.255.248	$2^{(32-29)} - 2 = 2^3 - 2 = 6$
/28	255.255.255.240	$2^{(32-28)} - 2 = 2^4 - 2 = 14$
/27	255.255.255.224	$2^{(32-27)} - 2 = 2^5 - 2 = 30$
/26	255.255.255.192	$2^{(32-26)} - 2 = 2^6 - 2 = 62$
/25	255.255.255.128	$2^{(32-25)} - 2 = 2^7 - 2 = 126$
/24	255.255.255.0	$2^{(32-24)} - 2 = 2^8 - 2 = 254$
/23	255.255.254.0	$2^{(32-23)} - 2 = 2^9 - 2 = 510$
/22	255.255.252.0	$2^{(32-22)} - 2 = 2^{10} - 2 = 1022$
/21	255.255.248.0	$2^{(32-21)} - 2 = 2^{11} - 2 = 2046$
/20	255.255.240.0	$2^{(32-20)} - 2 = 2^{12} - 2 = 4094$
/19	255.255.224.0	$2^{(32-19)} - 2 = 2^{13} - 2 = 8190$

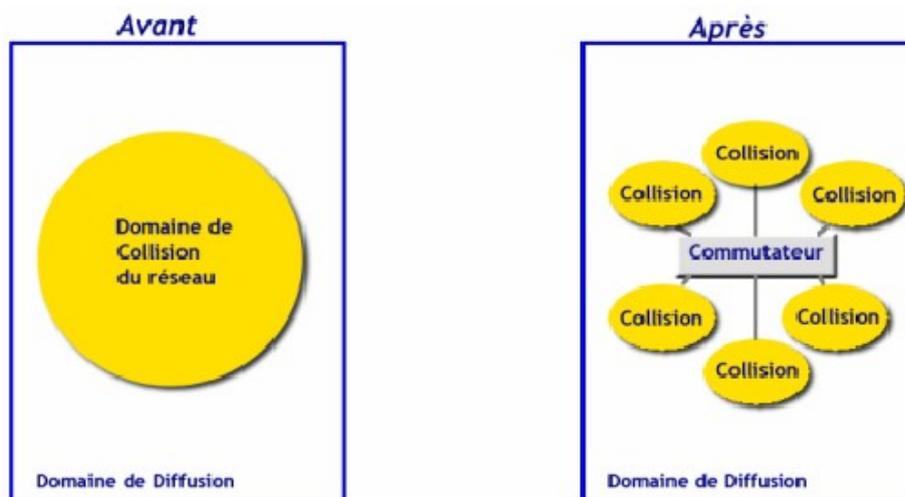
8 – Commutation et Routage

1. La Commutation

1.1. Présentation

La **technologie de Commutation** opère au niveau de la **couche 2 du modèle OSI**. Le **commutateur** :

- décide de la redirection des trames à partir de l'adresse **MAC** contenue dans chaque trame ;
- redirige les données avec des temps d'attente très courts et des algorithmes intégrés directement dans ses composants.



1.2. Modèles de commutation

Commutation Cut Through

Elle démarre la **propagation de la trame** à partir de l'adresse **MAC** du destinataire, **avant que la totalité de la trame soit reçue**. Avec ce modèle, les **temps d'attente** sont toujours **courts** quelle que soit la longueur des trames. Cependant, les trames erronées sont transmises sans aucun contrôle.

Il existe deux variantes de la commutation **Cut Through** :

- **la commutation Fast Forward** : ce mode de commutation offre le niveau de latence le plus faible. La commutation **Fast Forward** transmet un paquet immédiatement après la lecture de l'adresse de destination. La commutation **Fast Forward** est la méthode de commutation **Cut Through** classique.
- **la commutation Fragment Free** : avec ce mode de commutation, le commutateur stocke les **64 premiers octets** de la trame avant la transmission car la plupart des erreurs et des collisions sur le réseau surviennent pendant ces 64 premiers octets. La commutation **Fragment Free** offre un compromis entre, d'une part, la latence élevée et la forte intégrité de la commutation **Store and Forward**, et d'autre part la faible latence et l'intégrité réduite de la commutation **Cut Through**.

Commutation Store and Forward

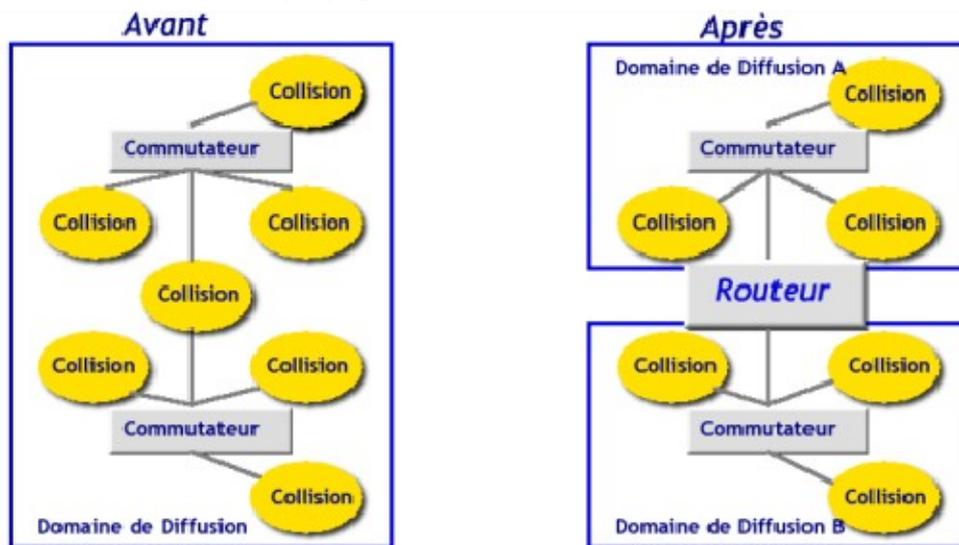
La **totalité de la trame** est lue et validée avant sa **retransmission**. Ceci permet de supprimer les trames corrompues et de définir des filtres pour contrôler le trafic à travers le commutateur. **Les temps d'attente augmentent avec la longueur des trames.**

2. Le Routage

2.1. Présentation

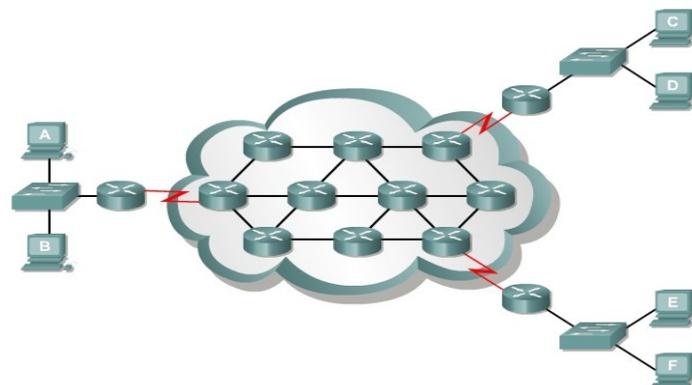
La **technologie de Routage** opère au niveau de la **couche 3 du modèle OSI**. Un **routeur** fournit un service de **contrôle d'accès** parce qu'il ne transmet que le trafic destiné à le traverser. Pour accomplir ces tâches, un routeur doit réaliser 2 fonctions de base :

- Créer et maintenir une **table de routage** pour chaque protocole de routage. Ces tables sont mises à jour dynamiquement grâce aux protocoles de routage ;
- Identifier le protocole contenu dans chaque paquet, extraire l'adresse de destination réseau et prendre la décision de propagation en fonction des données de la table de routage.



2.2. Fonctionnement d'Internet

D'un point de vue utilisateur, **Internet** est un immense et unique réseau. En réalité, **Internet** est composé d'un ensemble de réseaux reliés via des appareils particuliers : les **routeurs**.



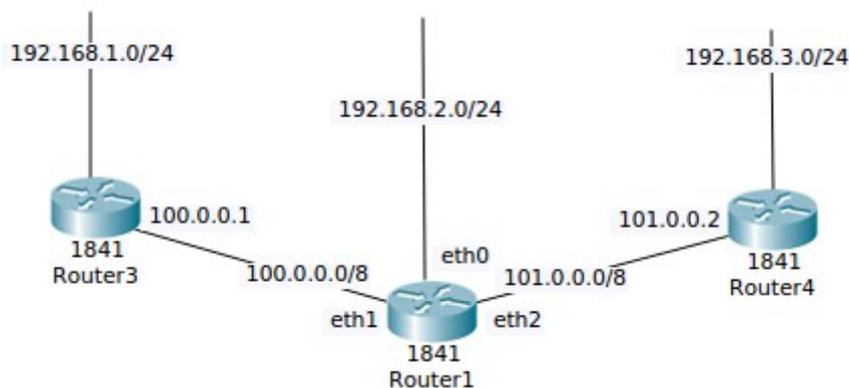
Le **routing IP** fonctionne de façon totalement décentralisée au niveau des appareils qui constituent le réseau. Aucun n'a une vision globale de la route que prendront les paquets de données.

2.3. Exemple de routage

Soit la table de routage suivante du routeur Router1 :

Réseau	Moyen de l'atteindre
192.168.2.0/24	eth0
100.0.0.0/8	eth1
101.0.0.0/8	eth2
192.168.1.0/24	100.0.0.1
192.168.3.0/24	101.0.0.2

Pour résumer, on peut dresser le schéma suivant :



2.4. Types de routage

On distingue deux types de routage :

- **Routage statique** : il requiert l'intervention manuelle de l'administrateur pour entrer **manuellement** les informations de routage ;
- **Routage dynamique** : la table de routage se constitue à partir d'informations extraites par des **protocoles de routage**. Les protocoles **RIP (Routing Information Protocol)**, **OSPF (Open Shortest Path First)**, **IGRP (Interior Gateway Routing Protocol)** et **EIGRP (Enhanced IGRP)** sont les **protocoles de routage dynamique** les plus utilisés.