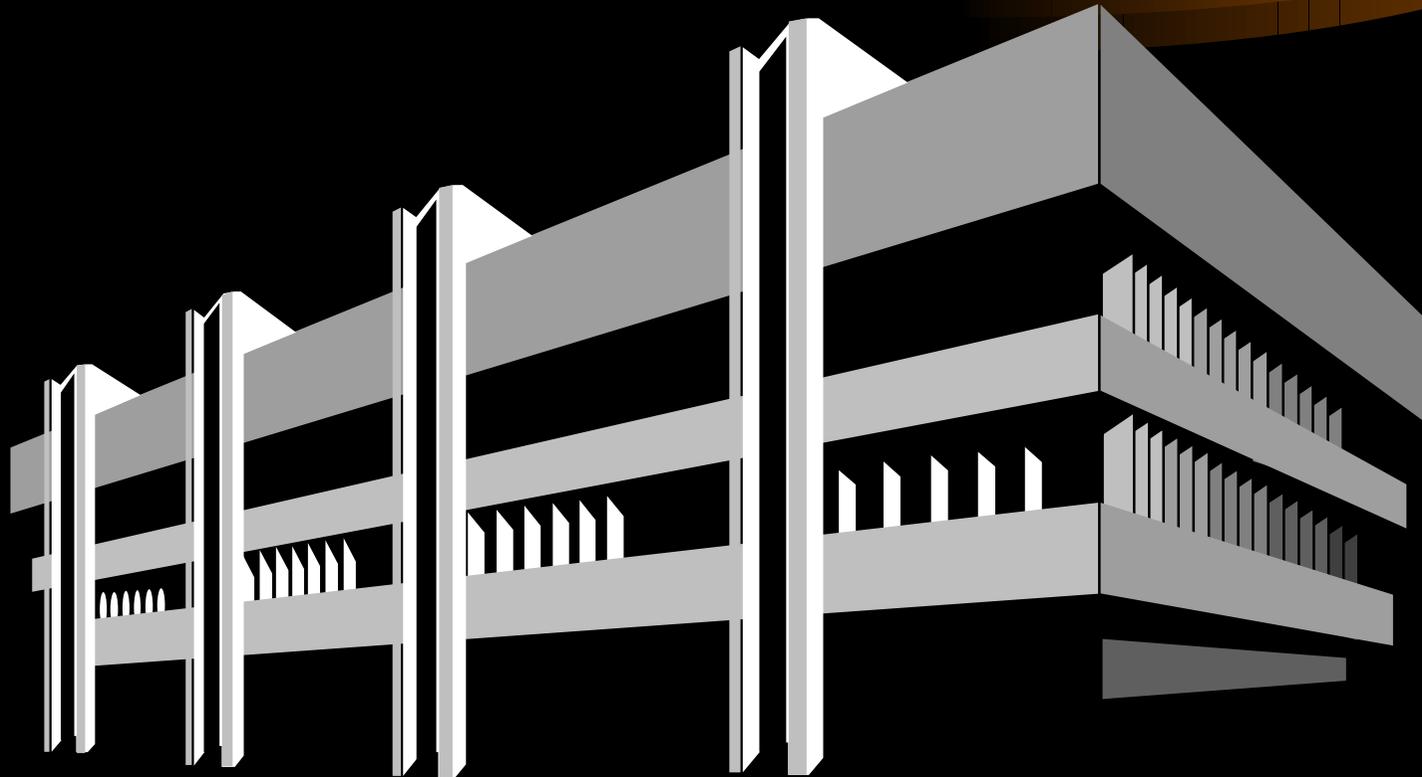


ARCHITECTURE PHYSIQUE



cours@urec.cnrs.fr

Architecture physique

- 1994-1996 : Jean-Paul Gautier
- Modifications
 - 1997 : Bernard Tuy
 - 1998 : Jean-Paul Gautier

Architecture physique



- Supports
 - Fils de cuivre
 - Câbles symétriques
 - Câbles asymétriques
 - Fibre optique
- Câblage, définitions
- Câblage haut-débit

Il faut distinguer :

- Topologie physique qui présente
 - des facilités intrinsèques,
 - des contraintes,
pour la mise en oeuvre des couches supérieures
- Topologie logique
 - Ce que le logiciel laisse voir du réseau sous-jacent.
 - Il est possible de construire une architecture logique en anneau sur une topologie physique de type bus.

Supports : Câble de cuivre

- Câble symétrique

Conducteurs de même nature ayant la même origine et la même destination.

- Paire torsadée
- Quarte:
 - combinable
 - étoilée

- Câble asymétrique

Le câbles asymétrique se caractérise par une paire de deux conducteurs de nature différente.

- Câble coaxial.
- Câble twinaxial.

Câble symétrique

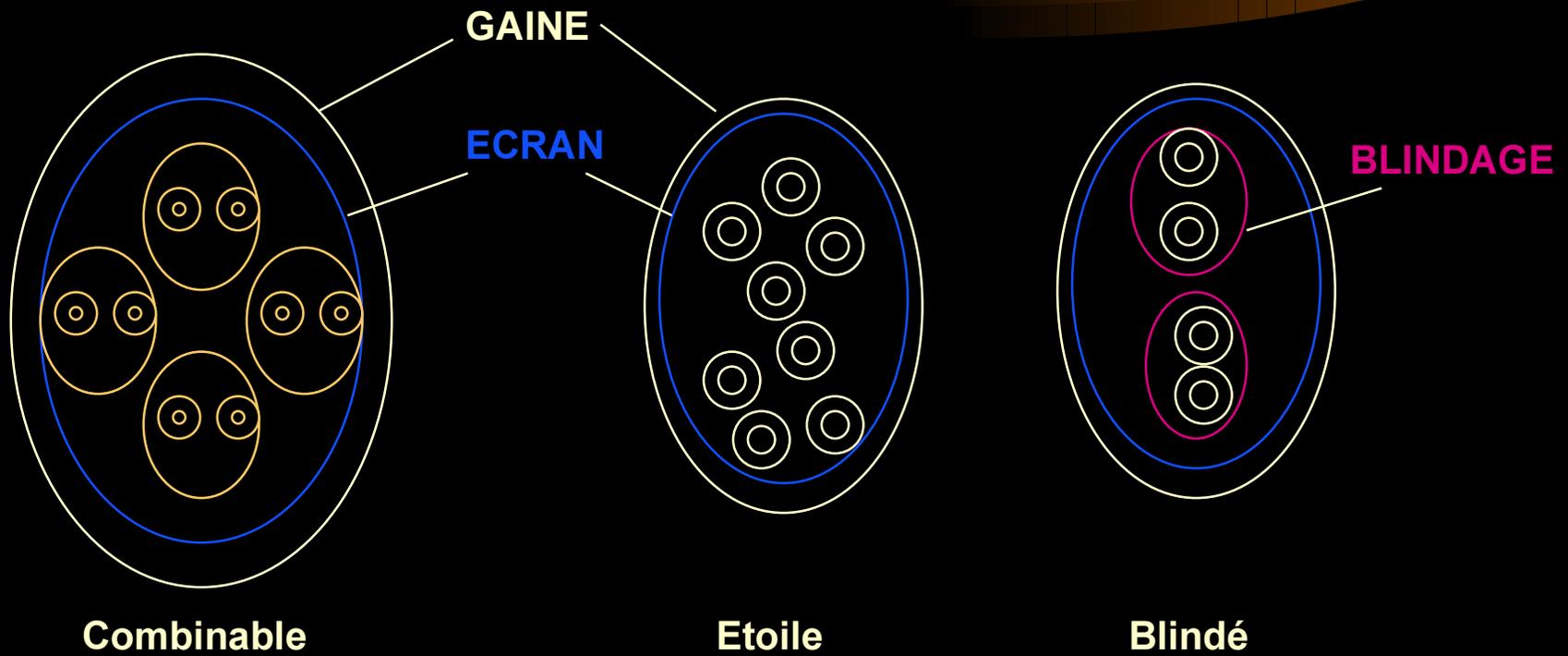


- La paire torsadée
 - Est constituée de deux conducteurs torsadés ensemble
 - **impédance caractéristique constante** sur toute sa longueur
 - 100 ohms, 120 ohms, 150 ohms
 - impédance est une valeur caractéristique d'un milieu traversé par une onde : $Z=E/B$ E = champ électrique, B= champ magnétique
- Les quartes
 - Une quarte est constituée de quatre conducteurs
 - *Quarte Combinable*
 - Chaque quarte est constituée en tordant ensemble deux paires d'un pas de torsade différent
 - *Quarte en étoile*
 - Les quartes fils d'une même quarte sont disposés en carré et sont tordus ensemble. Chaque diagonale formant un circuit réel ou d'une paire.

Câble symétrique

- Ecrantage
 - L'écrantage consiste à entourer toute les paires d'un même câble d'une tresse métallique ou d'un feuillard fin en aluminium.
- Blindage
 - Le blindage consiste à entourer chaque paire, d'une tresse métallique ou d'un feuillard fin en aluminium.
- Catégories de câbles
 - à paires non blindées, non écrantées : U.T.P (Unshielded Twisted Pair)
 - ex : ATT-Type 5, Alcatel
 - Câble écranté : FTP (Foiled Twisted Pair)
 - ex : L120 FR. TELECOM , INFRA+, ACOME, INTERCO
 - Câble écranté et blindé : SFTP
 - ex : ITT
 - Câble à paires blindées : S.T.P (Shielded Swisted Pair)
 - ex : IBM Type1

Câble symétrique

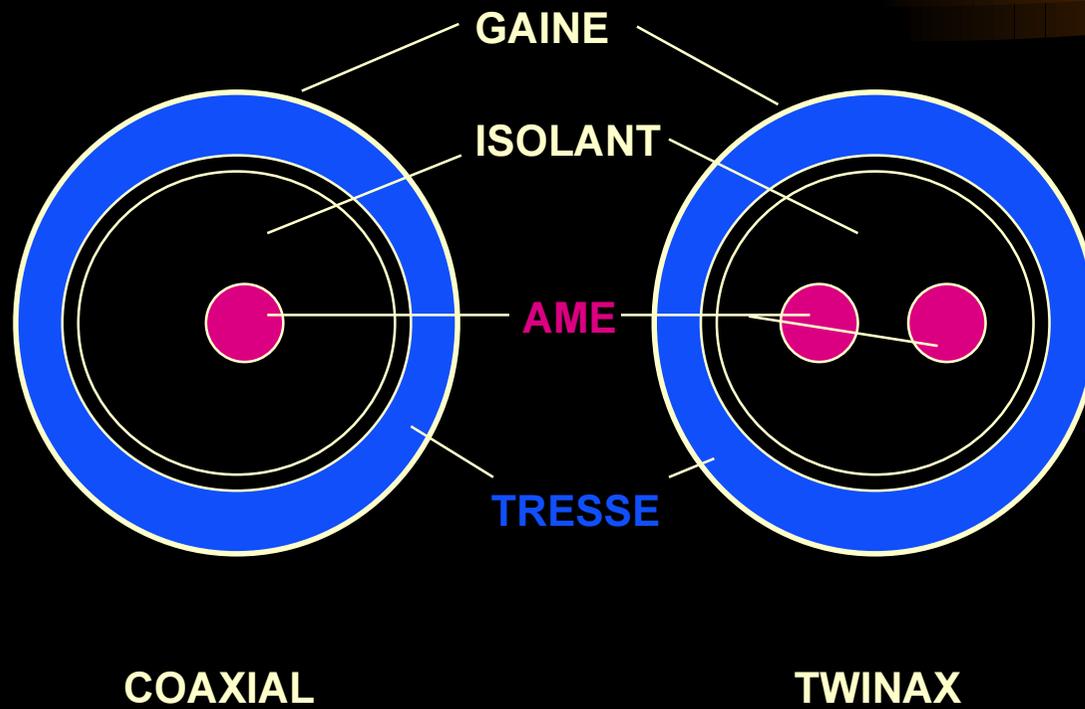


Câble asymétrique

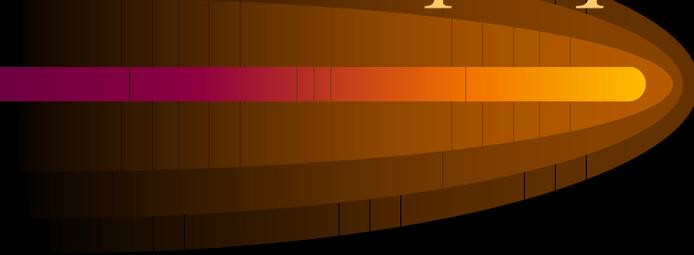
- Câble coaxial
 - un conducteur central (*âme*) entouré d'une gaine isolante
 - un conducteur externe concentrique (*tresse*).
- Câble twinaxial
 - deux conducteurs centraux entourés d'une gaine isolante
 - un conducteur externe concentrique (*tresse*).
 - pour un rendement optimal :

$$\frac{\text{diamètre de la tresse}}{\text{diamètre de l'âme}} = 3,6$$

Câble asymétrique



Fibre optique



- Constitution
 - LE COEUR
 - Milieu diélectrique intérieur (conducteur de lumière)
ou sera confiné la plus grande part de l'énergie lumineuse véhiculée dans la fibre
 - LA GAINE
 - Le coeur est entouré d'un milieu d'indice de réfraction plus faible
Les pertes des rayons lumineux se produisent dans la gaine
 - LE REVETEMENT
 - L'ensemble est entouré de couches concentriques en plastique, pour fournir une protection mécanique.
première enveloppe au-dessus de la gaine optique.

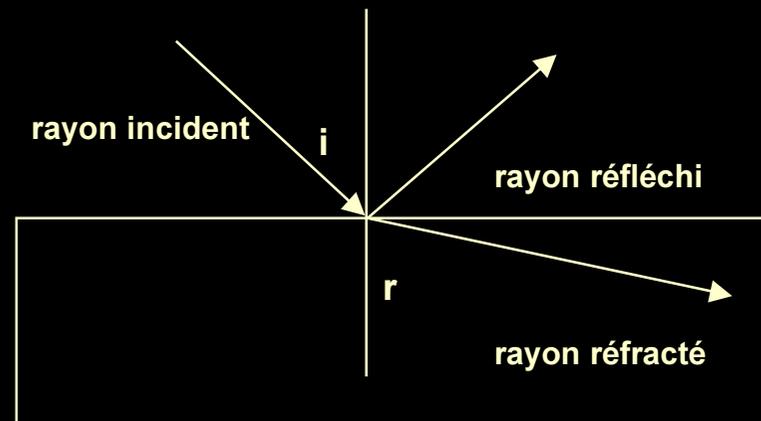
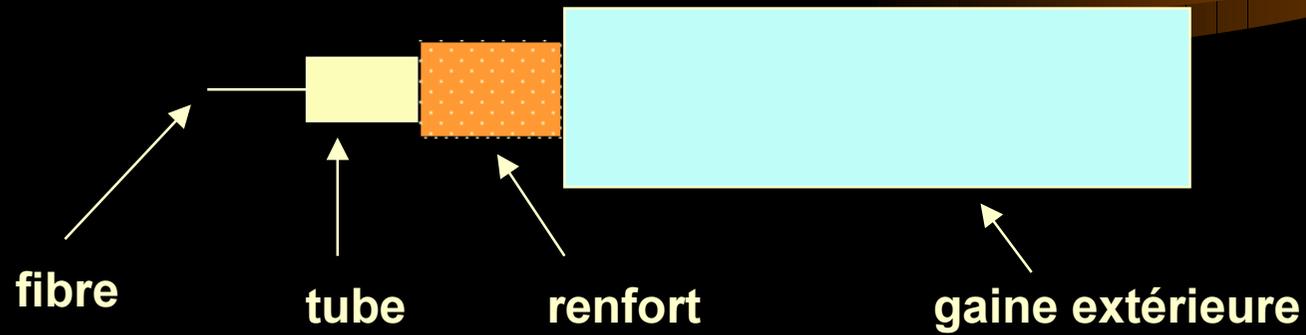
Fibre optique



○ *Vocabulaire*

- *DIELECTRIQUE* : Substance qui ne conduit pas le courant électrique (isolant, permittivité).
- *INDICE* : Rapport entre la vitesse de la lumière dans le vide et la vitesse de la lumière dans un matériau considéré.
- *REFRACTION* : Déviation de la lumière quand celle ci traverse deux milieux transparents, l'angle de réfraction dépend de la nature des milieux et de l'angle d'incidence.

Fibre optique

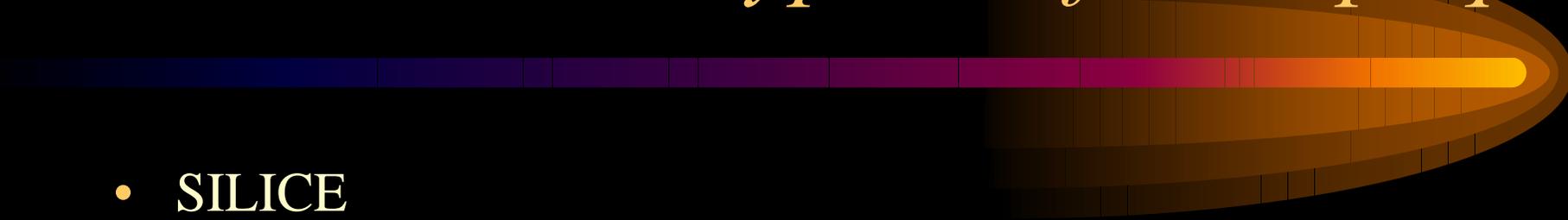


- L'indice de réfraction détermine la vitesse de propagation de la lumière dans le milieu.
 - pour la fibre indice # 1,45
 - vitesse de propagation : $0.69 \times C = 2,1 \cdot 10^{**8} \text{ m/s}$
comparable à la vitesse de propagation des électrons dans le cuivre
même temps de transmission d'un bit sous forme de photons dans une fibre de longueur donnée ou sous forme d'électrons dans un câble de cuivre de même longueur.

Fibre optique

- La densité d'information qu'elle peut supporter est plus grande que le câble de cuivre.
- Bande passante utilisable des fibres
 - *Dérterminée par la quantité de lumière qu'elle peut transporter.*
 - *elle n'est optimale que pour 3 bandes du spectre centrées autour de 850 nm, 1300 nm, 1550 nm.*

Les types de fibre optique



- **SILICE**
 - La fibre optique à base de silice est la fibre la plus utilisée.
 - Deux types :
 - Monomode
 - Multimode
- **VERRE**
 - La fibre de verre n'a pas d'utilisation à usage professionnel
 - elle utilise le spectre visible et procure une atténuation très importante.
- **PLASTIQUE**
 - La fibre plastique commence juste à être employée.

Les types de fibre optique structure libre

- usage : extérieur (tubée libre)
 - tube de grand diamètre, 1 ou plusieurs fibres.
 - avantages
 - protection de la fibre
 - inconvénients
 - encombrement, rigidité, mise en oeuvre (connexion)
- usage : intérieur (tubée serrée)
 - composition
 - gaine plastique (990 microns environ).
 - couche de kevlar.
 - avantages
 - flexibilité, résistance aux impacts, légèreté, faible encombrement.

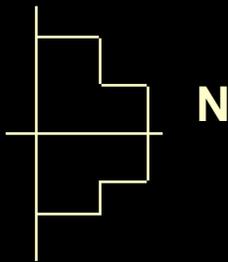
Les types de fibre optique

jonc rainuré

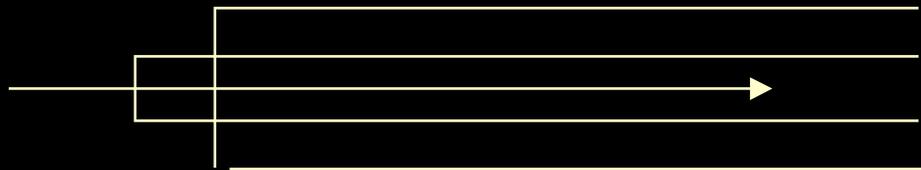
- **composition**
 - jonc rainuré hélicoïdal.
 - les fibres nues sont logées dans les rainures.
- **avantages**
 - modularité (2 à 10 fibres par jonc), compacité.
- **inconvénients**
 - rigidité, dispositif d'épanouissement.
- **applications**
 - intérieur, extérieur, longues distances, multifibres.

Fibre optique monomode

- Taille du coeur (5 à 10 microns), de la gaine (125 microns).
- propagation axiale seulement des rayons lumineux
- Dispersion faible (modale et chromatique).
- Elle permet une bande passante très large (100 GHz)
- Fenetre spectrale 1300 nm et 1550 nm



Indices



Fibre optique multimode

- La taille du coeur : 50 et 62.5 microns
- propagation multidirectionnelle des rayons lumineux
- selon deux types de cheminement:
 - SAUT D'INDICE :
 - réflexion totale sur la gaine
 - bande passante 20 MHz.km
 - GRADIENT D'INDICE :
 - L'indice de réfraction du coeur varie avec la distance radiale, suivant une loi parabolique,
 - bande passante 500 MHz.km.
- La fibre multimode à gradient d'indice est la plus utilisée (62.5/125 microns).
- Fenetre spectrale 850 nm, 1300 nm

Le câblage



- Principes
- Câblage horizontal
- Répartiteur
- Câblage vertical
- Le brassage

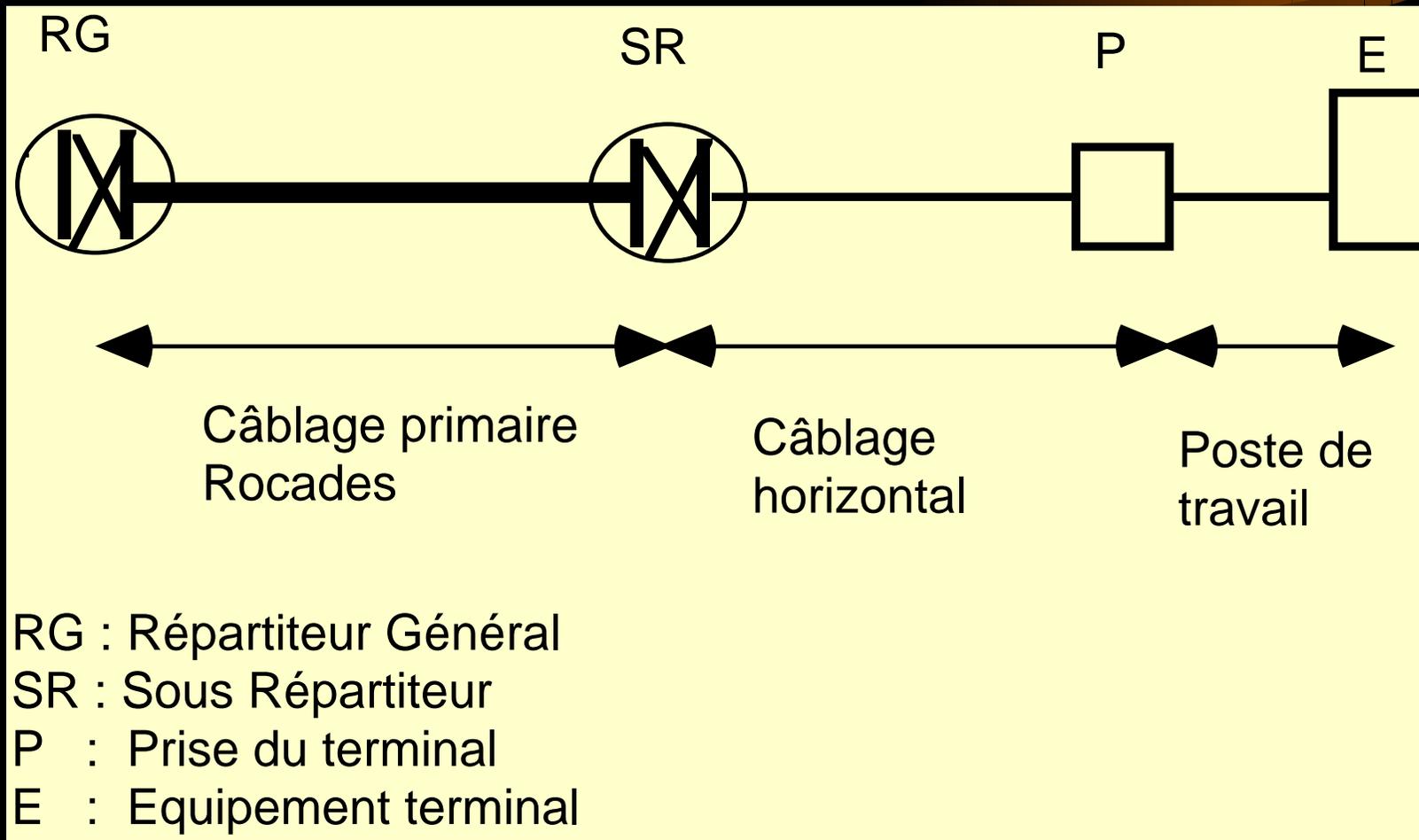
Le câblage

Principes

- Performance, qualité de service,
- Optimisation des coûts d'installation et d'exploitation,
- Conformité aux normes internationales,
- Souplesse d'exploitation
 - pas d'intervention sur la partie fixe du câblage

- Topologie de distribution en étoile,
- Indépendance par rapport à l'architecture réseau
- Recherche de la banalisation de la connectique de type RJ45 au niveau du poste de travail.

- Dimensionnement prévoyant au moins le raccordement de deux équipements par poste de travail
 - voix/données
 - données seulement
- Disponibilité:
 - non préaffectation des câbles et des prises
 - raccordement de chaque prise terminale 4 paires.
- Respect des règles de l'art dans la conception et l'installation



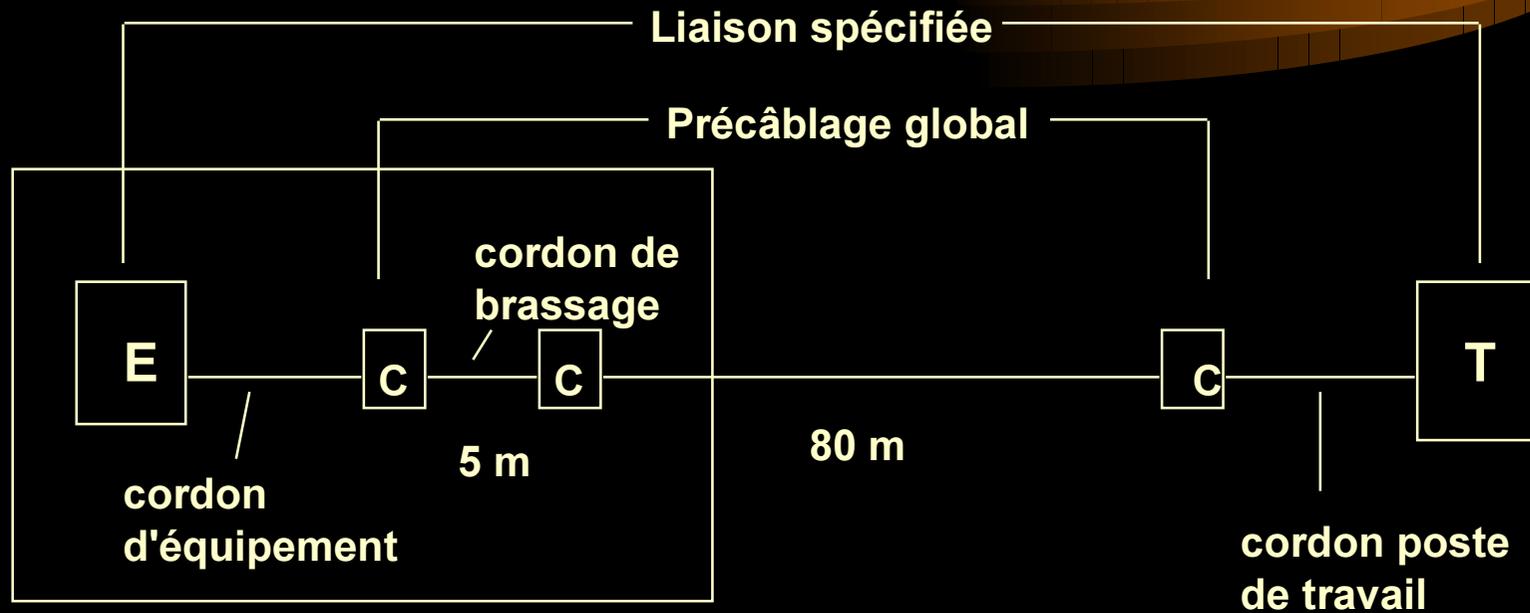
Câblage horizontal

- Le câblage capillaire est l'ensemble des câbles de distribution des points de travail.
 - prises informatiques mises à la disposition des utilisateurs.
 - constitués généralement de câbles 4 paires.
- Un point de travail est un emplacement :
 - situé dans les locaux d'un établissement équipé d'une ou plusieurs prises
 - permettant aux utilisateurs d'accéder aux ressources informatiques et téléphoniques de l'entreprise.

Câblage horizontal

- Les noeuds de concentration et de brassage des câbles capillaires sont les *répartiteurs*.
- Le rattachement des câbles sur les répartiteurs:
 - Permet de créer une topologie hiérarchisée en étoile
 - Autorise l'indépendance de chaque prise des points de travail
 - Permet de ce fait d'effectuer facilement la gestion et l'administration du réseau de câblage par un brassage au fur et à mesure des besoins.
- Les câbles quatre paires forment les branches de l'étoile
- Les branches de l'étoile ne doivent pas dépasser:
 - 80 mètres pour être compatible TOKEN RING à 16 Mb/s
 - 100 mètres pour être compatible ETHERNET à 10 Mb/s.

Câblage horizontal



E = équipement au Sous-répartiteur
C = connexion
T = équipement du poste de travail

Répartiteur



- Coeur de la distribution en étoile, il reçoit :
 - Les câbles de distribution
 - liaisons répartiteur général -> répartiteur de distribution
 - Les câbles de rocade
 - relie les répartiteurs entre eux
 - permettent de créer des réseaux informatiques maillés
- Exemple : Constitué de 2 à 4 *fermes* supportant des modules de raccordement assurant 4 fonctions
 - raccordement des câbles de distribution (vert)
 - raccordement des câbles de rocades (vert)
 - raccordement des points d'accès (bleu)
 - raccordement des équipements réseaux (jaune)

Convention de câblage

Convention de raccordement d'un câble 4 paires, norme COREL 120 ohms (RNIS, SCP Pouyet, FICOME)

Modules	Couleurs du câble	Connecteur RJ45	Ordre de couleurs sur la prise RJ45
1.1	gris	1	1 gris
1.2	blanc	2	2 blanc
2.1	rose	3	3 rose
2.2	bleu	6	4 orange
3.1	orange	4	5 jaune
3.2	jaune	5	6 bleu
4.1	violet	7	7 violet
4.2	marron	8	8 marron
T	drain d'écran	T	T

Convention de câblage

Conventions de raccordement d'un câble 4 paires, 100 ohms

code EIA/TIA 568 A

Prise RJ45	
1	blanc-vert
2	vert-blanc
3	blanc-orange
4	bleu-blanc
5	blanc-bleu
6	orange-blanc
7	blanc-marron
8	marron-blanc
T	

code EIA/TIA 568 B

Prise RJ45	
1	blanc-orange
2	orange-blanc
3	blanc-vert
4	bleu-blanc
5	blanc-bleu
6	vert-blanc
7	blanc-marron
8	marron-blanc
T	

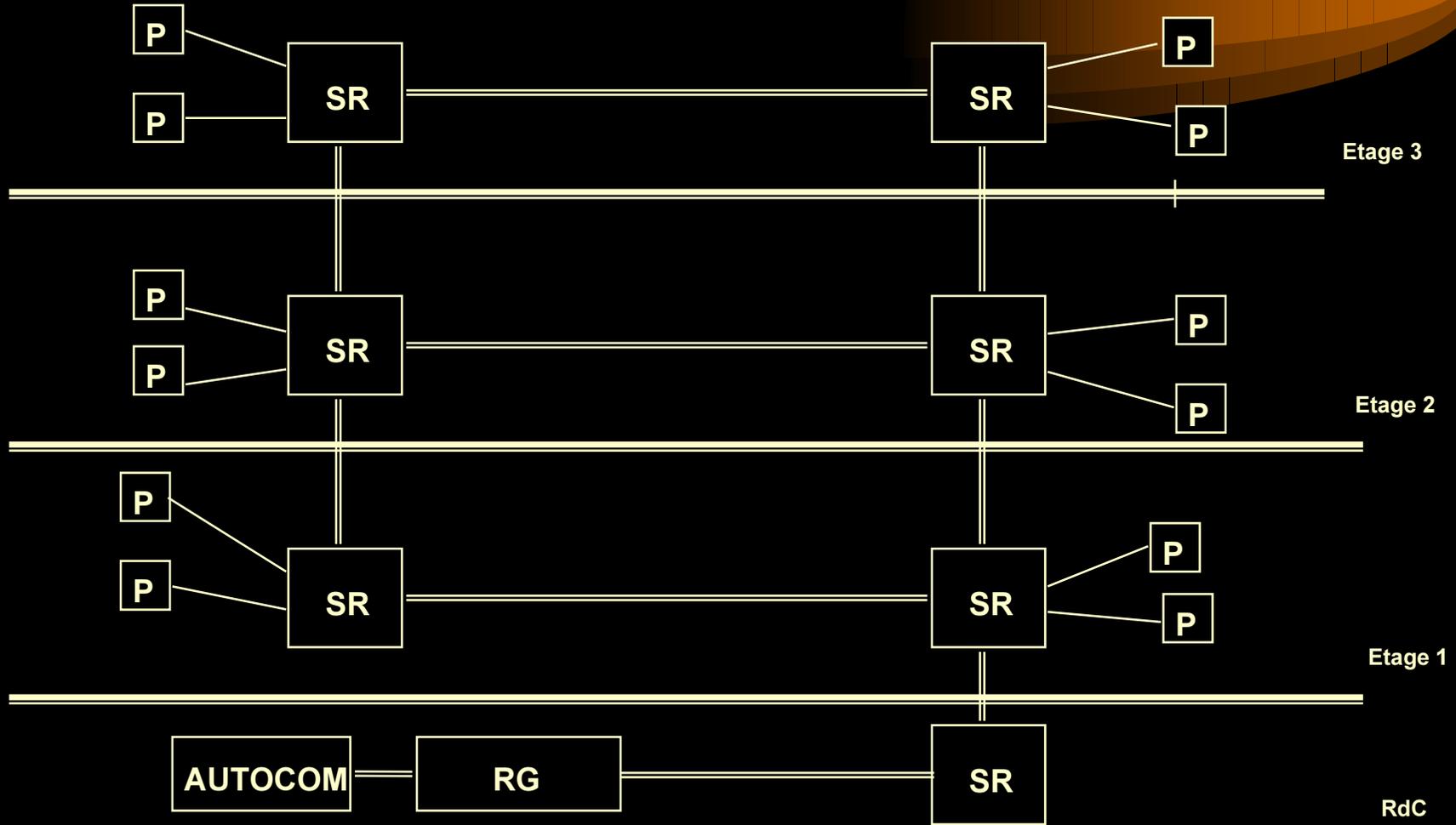
Câblage vertical

C'est le câblage qui réunit les Répartiteurs entre eux.

- Les Colonnes
 - Câble de regroupement de forte capacité partant d'un Répartiteur Général vers un Sous-Répartiteur
 - distribution du téléphone
- Les Rocades
 - Câble de regroupement de forte capacité reliant les Répartiteurs entre eux.
 - Chaque répartiteur est relié à un ou plusieurs répartiteurs créant une topologie maillée.
 - Le maillage permet l'accès de tous les noeuds de brassage par le chemin le plus court et offre la possibilité de séparer le cheminement des flux informatiques ou de procurer un chemin d'accès de secours.

Câblage vertical

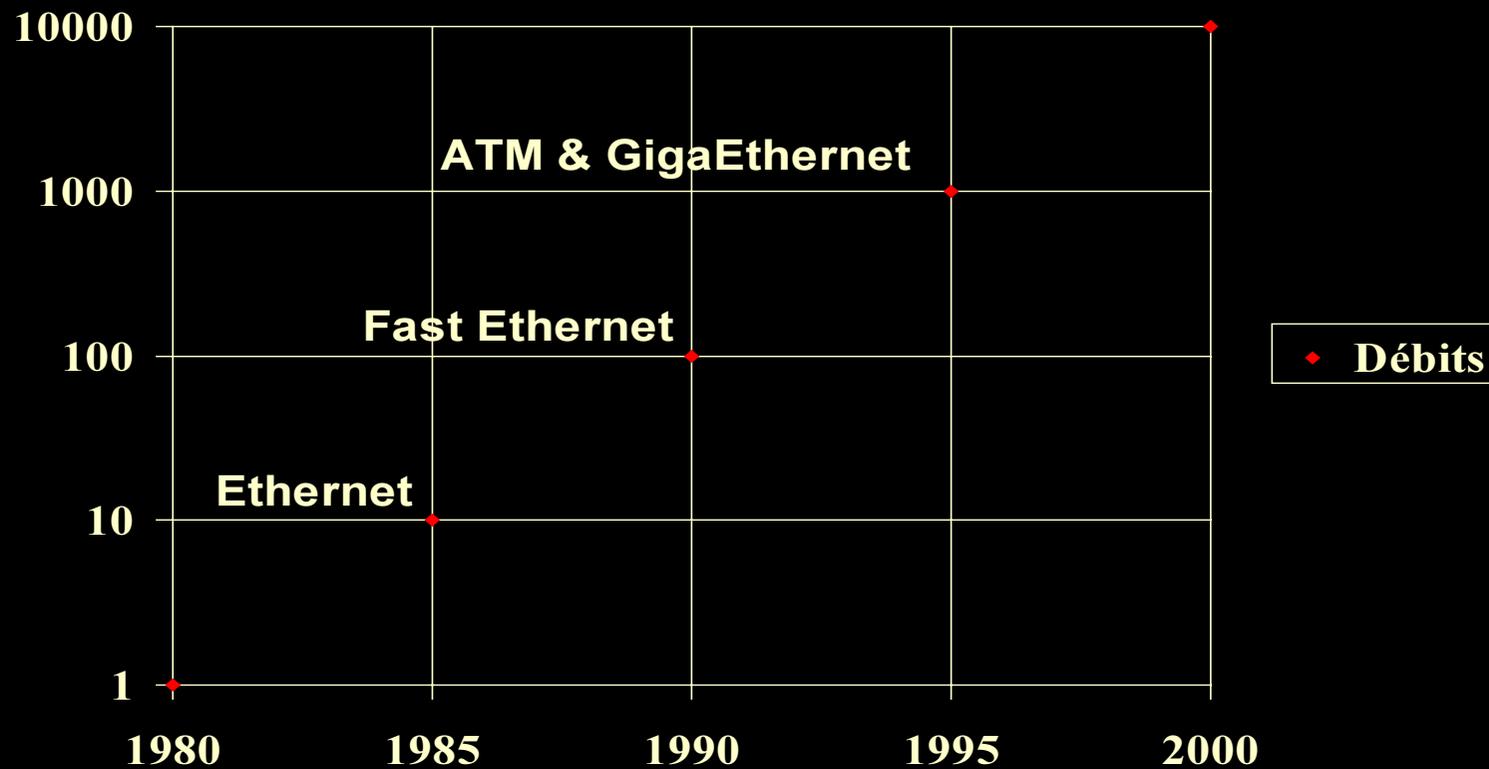
synopsis



Le brassage

- Définition:
 - La concentration capillaire en étoile autour de chaque répartiteur
 - ainsi que les rocades qui relient par une topologie maillée les répartiteurs
 - permettent d'une façon rapide de réaliser les topologies réseaux les plus usitées et de ce fait de raccorder n'importe quel équipement terminal à n'importe quel réseau.
- Cordon de brassage:
 - Permet l'affectation des ressources informatiques aux équipements des points de travail utilisateur.
 - ex : entrée sur un hub

- Evolution des debits au poste de travail



Un câblage "haut débit" doit supporter les applications de classe D

Classes	Applications supportées	Distance maximum
A	Voix et débits faible < 100 KHz	3000 m
B	Données, débits < 1 MHz	700 m
C	Données, débits < 16 MHz	160 m
D	Données, débits < 100 MHz	100 m
fibres optiques	Bande de fréquence importante	3000 m

Haut-Débit

Norme DIS11801 & EN 50173

Classe d'application	Désignation	Référence	Débit	Paires Fibres
A Câble catégorie 2	PBX X21 - V11 RNIS S0	ITU-T X21/V11	64 Kbps	2
		ITU-T I.430	128 Kbps	2-4
B Câble catégorie 3	RNIS S2 CSMA/CD 1 base 5	ITU-T I.143	2 Mbps	2
		ISO/IEC 8802-3	1 Mbps	2
C Câble catégorie 4	CSMA/CD 10 Base T Token Ring 4 MBit/s Token Ring 16 MBit/s *	ISO/IEC 8802-3	10 Mbps	2
		ISO/IEC 8802-5	4 Mbps	2
		ISO 8802-5 DAD 1	16 Mbps	2
D Câble catégorie 5	Token Ring 16 Mbit/s 100 Base VG 100 Base T TP PMD (TP) ATM (TP)	ISO 8802-5 DAD 1	16 Mbps	2
		ISO/IEC 8802-12	100 Mbps	4
		ISO/IEC 8802-14		2
		ISO/IEC 8802-13	100 Mbps	2
		ITU et ATM Forum	100 Mbps	2
			155 Mbps	
Fibre optique	CSMA/CD FOIRL CSMA/CD 10 Base F Token Ring FDDI ATM	ISO/IEC 8802-3	10 Mbps	2
		ISO 8802-3 PDAM	10 Mbps	2
		14	16 Mbps	2
		ISO/IEC DTR 11583	100 Mbps	2
		ISO/IEC 9314-3		2
		ITU-T Rec.I.432	155 Mbps	

Haut-Débit : Débit et Fréquence

- Ne pas confondre Mhz et Mbits/s
- Fréquences de base pour quelques protocoles

Ethernet	10 Mbits/s	10 MHz
Token Ring	16 Mbits/s	16 MHz
FDDI cuivre (TP-PMD)	100 Mbits/s	31.25 MHz
100 Base TX	100 Mbits/s	62.5 MHz
ATM	155 Mbits /s	62.5 MHz

Transmission sur le câble de cuivre

- Caractéristiques
 - impédance,
 - vitesse de propagation,
 - affaiblissement,
 - paradiaphonie,
 - rapport signal/bruit

Le décibel (dB) est utilisé pour mesurer les rapports entre deux valeurs.

$$R = | 10 \times \log (P_2/P_1) |$$

P₂ et P₁ sont les puissances de 2 signaux.

Vitesse de propagation

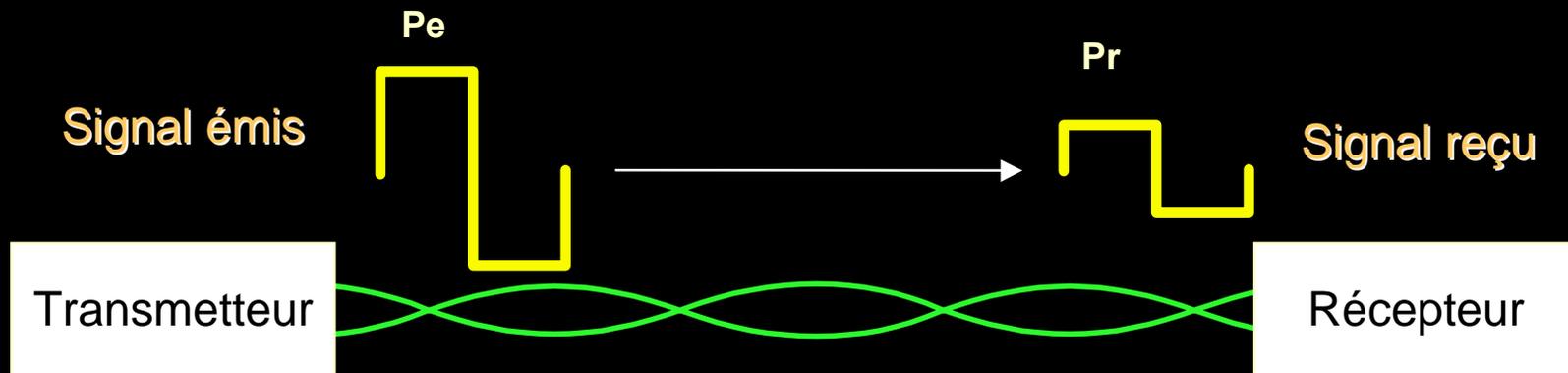
- Elle est du même de grandeur que la vitesse de la lumière, $3 \cdot 10^{**8}$ m/s.
- C'est une caractéristique d'un câble
- Elle est appelée NVP
 - *Nominal Velocity of propagation*
 - Pour des câbles 120 ohms : 77% de la vitesse de la lumière
 - Pour des câbles 100 ohms : 69% de la vitesse de la lumière

Affaiblissement

- Proportionnel à la distance parcourue
- Augmente avec la fréquence

$$A_1 = A_0 \times (F_1/F_0)^{0.5}$$

- Varie avec l'inverse de l'impédance



Transmission sur le câble de cuivre

Affaiblissement

- En pourcentage $A(\%) = P_r/P_e$, en pratique on l'exprime comme étant la différence entre P_r et P_e

$$A \text{ (dB)} = | P_r(\text{dB}) - P_e(\text{dB}) |$$

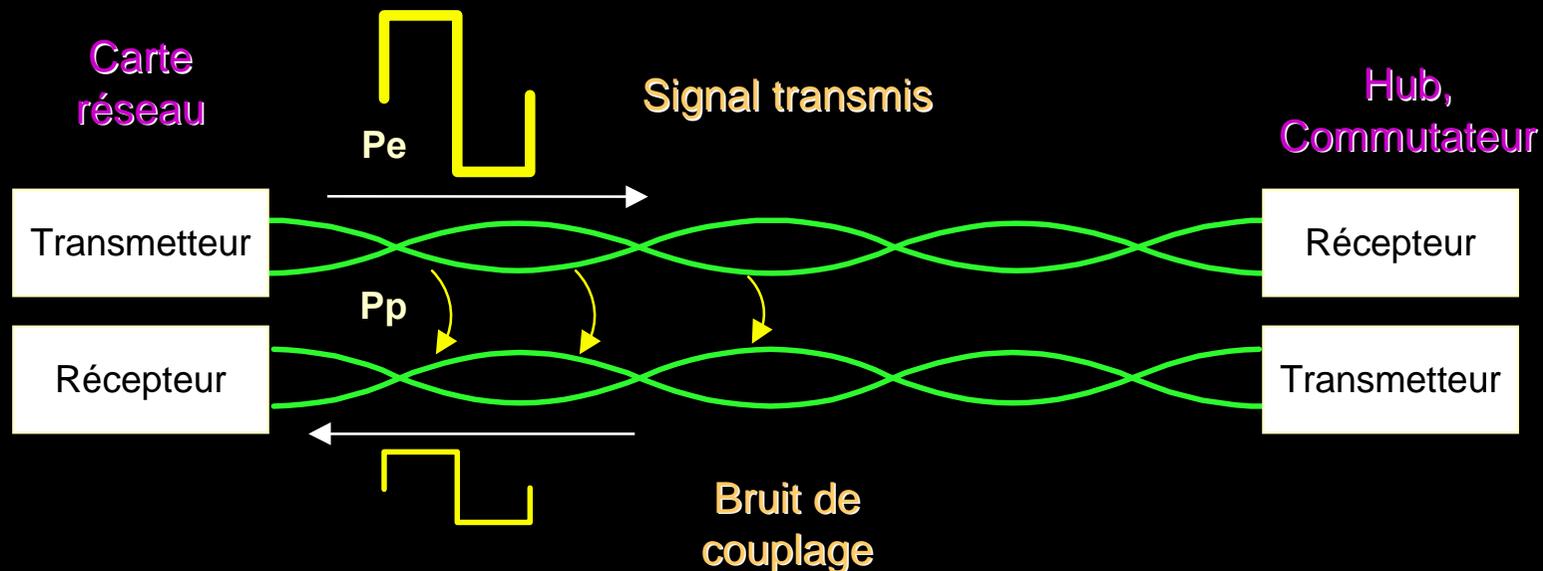
P_r : puissance reçue

P_e : puissance émise

- Donné en dB/km ou en dB/100 m
 - $A = 7\text{dB}/100\text{m}$ à 10 MHz alors $P_r = 20\%$ de P_e

Paradiaphonie

- Perturbations entre deux paires d'un même câble
 - NEXT : Near End Crosstalk
- Concerne la puissance relevée du côté de l'émetteur



Paradiaphonie

- Augmente avec la longueur de la liaison et la fréquence
 - mais est quasiment constante au-delà de quelques dizaines de mètres
- En pourcentage $P(\%) = P_p/P_e$, mais on l'exprime comme étant la différence entre P_p et P_e

$$N \text{ (dB)} = | P_p(\text{dB}) - P_r(\text{dB}) |$$

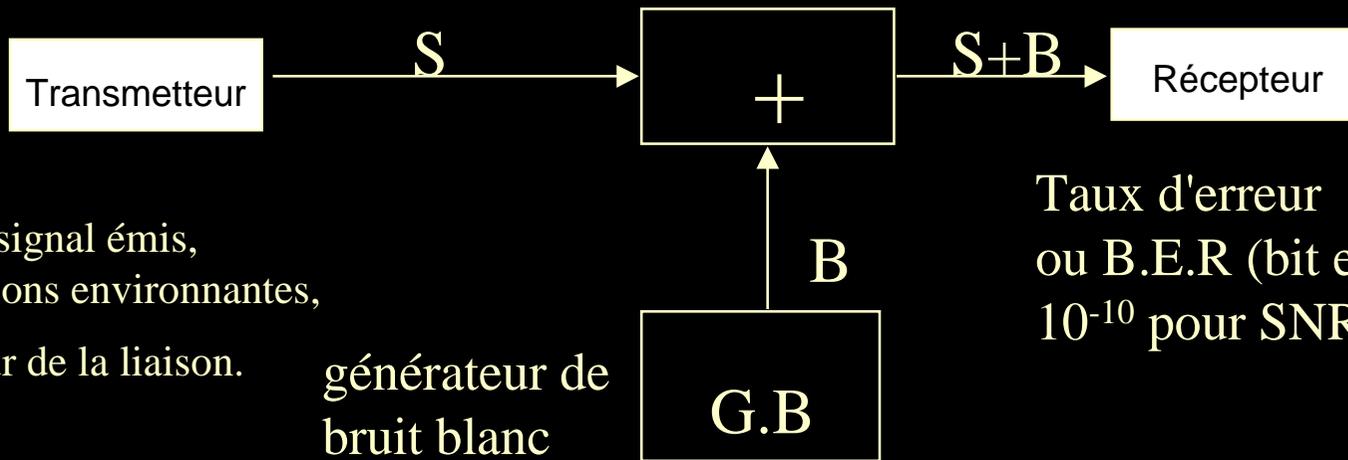
P_p : puissance relevée sur la 2ème paire côté émetteur

P_e : puissance émise

- $P = 40 \text{ dB}$ à 10 MHz alors $P_p = 1/10000 P_e$

Rapport Signal/Bruit

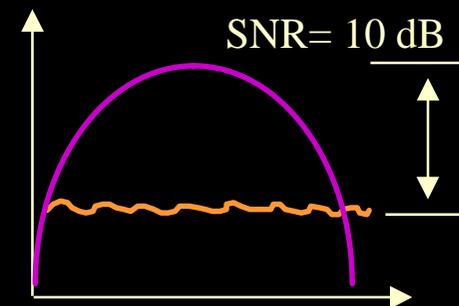
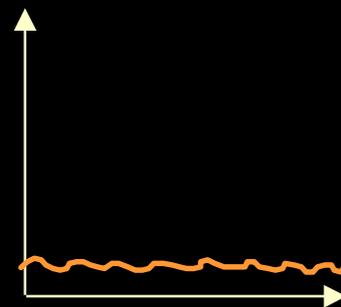
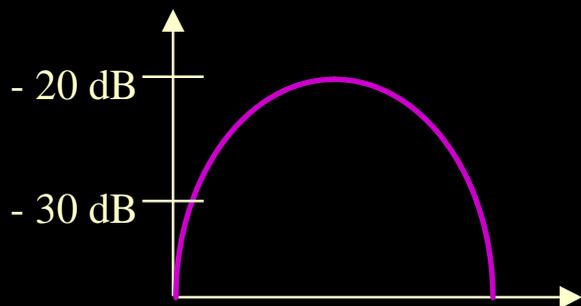
La part du signal dans la puissance reçue doit être prépondérante par rapport au bruit.



Dépend
du niveau de signal émis,
des perturbations environnantes,
de la longueur de la liaison.

générateur de
bruit blanc

Taux d'erreur
ou B.E.R (bit error rate)
 10^{-10} pour SNR= 10 dB.



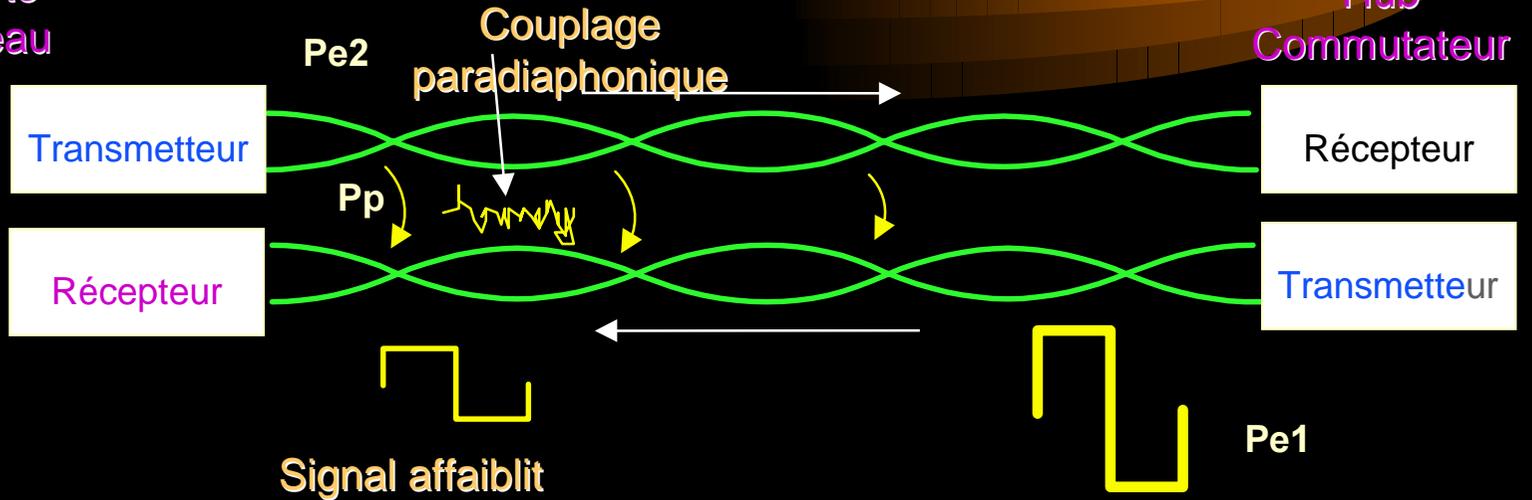
Transmission sur le câble de cuivre

ACR

Grandeur proche du rapport S/B

Hypothèse : le bruit provient principalement de la seconde paire de la liaison par paradiaphonie

Carte réseau



signal reçu $P_r = P_{e1} \times \text{Affaiblissement} (\%)$
 bruit $P_p = P_{e2} \times \text{Paradiaphonie} (\%)$

Attenuation to Crosstalk Ratio

$$ACR = P_r / P_p$$

$$ACR (dB) = N - A$$

$$ACR = \text{Signal affaibli} - \text{Paradiaphonie}$$

ex : $A = 7 \text{ dB}$, $N = 40 \text{ dB}$ alors $ACR = 33 \text{ dB}$

Transmission sur le câble de cuivre

Impédance

- Impédance plus élevée = affaiblissement plus faible.
- Variation d'impédance sur une liaison = réflexion partielle du signal.
 - on peut être amené à utiliser des adaptateurs d'impédance
- Impédances dans une liaison
 - équipement actif, équipement terminal : en standard 100 ohms, Token Ring 150 ohms
 - câble : 100 ohms, 120 ohms voir 150 ohms
 - cordons

L'utilisation de câbles et cordons 120 ohms avec des équipements actifs 100 ohms ne nécessite pas d'adaptateur d'impédance

- Les applications du groupe D correspondent à la mise en oeuvre d'un sous-système de câblage horizontal de catégorie 5.
- Une liaison doit avoir les caractéristiques suivantes :

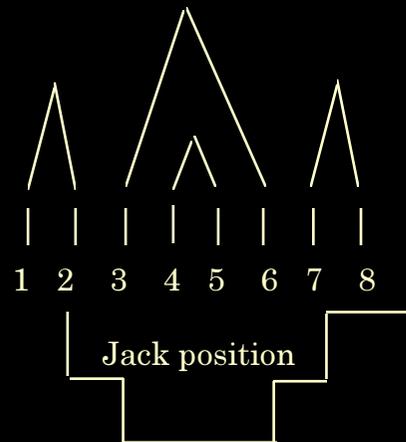
Fréquence en MHz	Affaiblissement maximum (dB)	Paradiaphonie minimale (dB)	ACR minimale (dB)
10	7,5	39	35
16	9,4	36	30
20	10,5	34,5	28
31,25	13,1	31,5	23
62,5	18,4	27	13
100	23,2	24	4

- Caractéristiques électriques des câbles catégorie 5

Caractéristiques	Unités	Mhz	100 ohms	120 ohms
Impédance	ohms	> 1	100 +/- 15	120 +/- 15
Vélocité		1 à 100	0,6 c	0,6 c
Paradiaphonie minimale	dB	10	47	47
		16	44	44
		20	42	42
		31,25	40	40
		62,5	35	35
		100	32	32
Affaiblissement maximum	dB/100 m	10	6,6	5,2
		16	8,2	6,2
		20	9,2	7,0
		31,25	11,8	8,8
		62,5	17,1	12,5
		100	22,0	17,0

- Elle comporte 8 plots + 1 terre, format 50/50 mm
- Deux types:
 - RJ45 avec adaptateur selon la fonction.
 - boîtier avec module d'adaptation enfichable.

Affectation des paires



Prise RJ45

Protocoles		1	2	3	4	5	6	7	8
Téléphone analogique								X	X
Téléphone numérique					X	X			
LS 2 fils							X	X	
LS 4fils				X	X		X	X	
Numéris S0			X	X	X	X			
Numéris S2	X	X		X	X				
10 Base T	X	X	X			X			
100 Base TX	X	X	X			X			
100 Base T4	X	X	X	X	X	X	X	X	
Token Ring				X	X	X	X		
100 VG Anylan	X	X	X	X	X	X	X	X	
ATM 25 Mbp			X	X	X	X			
ATM 155 Mbps	X	X					X	X	
TP-PMD	X	X					X	X	
Vidéo bande de base	X	X	X			X			

Pour les hauts-débits la combinaison 1,2-7,8 donne de meilleurs résultats pour l'ACR, A, N

- Caractéristiques électriques des équipements de connexions
 - prises, cordons de brassage, modules de raccordement.

Caractéristiques	Fréq. MHz	Valeur s
Atténuation maxi dB/100 m	10	0,1
	16	0,2
	20	0,2
	31,25	0,2
	62,5	0,3
	100	0,4
Diaohonie mini. dB	10	60
	16	56
	20	54
	31,25	50
	62,5	44
	100	40

- Fibre multimode à gradient d'indice 62,5/125 microns
- Caractéristiques d'une liaison :

Longueur d'onde	850 nm	1300 nm
Bande passante minimale (Mhz)	> 100	> 250
Affaiblissement (dB)	100m 2,5 500m 3,8 1500m 7,4	100m 2,3 500m 2,8 1500m 4,4
Affaiblissement d'adaptation à chaque interface	20 dB	20 dB

- Fibre monomode à gradient d'indice 9/125 microns
- Caractéristiques d'une liaison :

Longueur d'onde	1300 nm	1550 nm
Bande passante minimale (Mhz)	> 100	> 250
Affaiblissement (dB)	100m 2,5 500m 3,8 1500m 7,4	100m 2,3 500m 2,8 1500m 4,4
Affaiblissement d'adaptation à chaque interface	20 dB	20 dB

Connecteur optique

- Nombreux types de connecteurs :
 - ST, SMA, FDDI, FC, SC,..
- Le connecteur SC est retenu par la norme ISO 11.801
 - connecteur de type "push-pull"
- Le connecteur ST est autorisé pour extension d'un existant
 - connecteur de type "BNC"

Recette technique

- Opération qui permet de garantir que l'installation répond à l'expression du besoin initial en respectant :
 - *les normes*
 - *les règles de l'art*

Lors de la procédure de test, ce ne sont pas les composants qui sont testés mais l'ensemble fonctionnel du câblage

- composants + mise en oeuvre
- Il est recommandé de faire appel à un organisme indépendant dans le cas d'un projet de campus:
 - exemple la SOCOTEC

- ISO
 - norme IEC 11.801 (disponible auprès de l'AFNOR)
 - caractéristiques des câbles et de la connectique
 - caractéristiques des liaisons
 - addendum en octobre 1997 pour proposer
 - Câblage catégorie 6/ classe E à 200 MHz (UTP)
 - Câblage catégorie 7/ classe F jusqu'à 600 MHz (ScTP)
- EIA/TIA (association qui produit des standards)
 - EIA/TIA 568 traite du câblage structuré.
 - des "Technical Systems Bulletin" TSB 36, TSB 40, TSB 67 complète le document
 - EIA/TIA ne reconnaît pas le câble 120 ohms

- CENELEC
 - norme EN 50173
 - EN 50167 : câblage capillaire (AFNOR C 93 541-1)
 - EN 50168 : cordons (AFNOR C 93 541-2)
 - 50169 : câbles multipaires (AFNOR C 93 541-2)
- Normes CEM (directive 89/336/CEE)
 - Compatibilités ElectroMagnétiques
 - ECM en anglais
 - EN 55022, EN 50082-1, EN 55024
 - composant : pas de label CE
 - appareil, équipement : label CE obligatoire depuis le 1/1/96
 - système: idem appareil
 - installation
 - qualité des composants de câblage
 - mises à la terre

Adresses utiles

- **FICOME**
 - Fédération Interprofessionnelle de la Communication d'entreprises
 - PARIS : 01 44 05 84 40
- **BATIMATION**
 - PARIS : 01 42 81 21 34