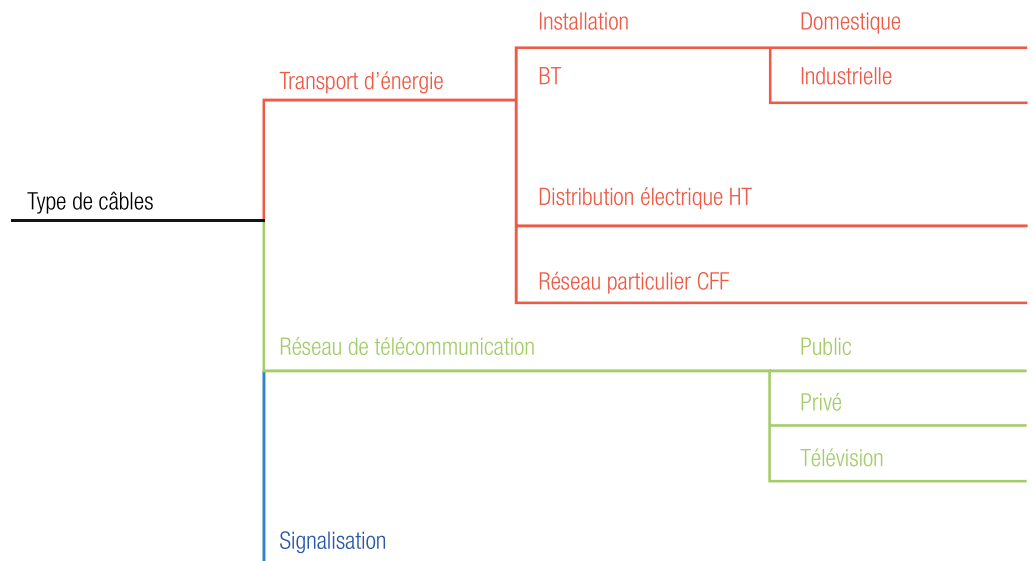


## Chapitre 3 CÂBLES

Les câbles de transport d'énergie sont classés selon la tension de service.

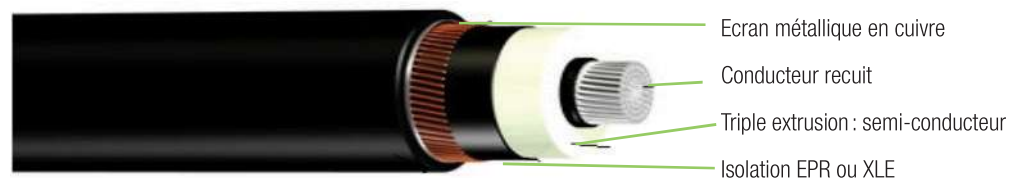
Installation à haute tension HT	$1000\text{ V} < \text{HT}$
Installation à basse tension BT	$50\text{ V} < \text{BT} < 1000\text{ V}$
Très basse tension TBT	$\text{TBT} < 50\text{ V}_{\text{AC}} \text{ ou } 120\text{ V}_{\text{DC}}$



### 3.1 Câbles à haute tension

Les câbles ou lignes souterraines sont constituées par un ou plusieurs câbles.

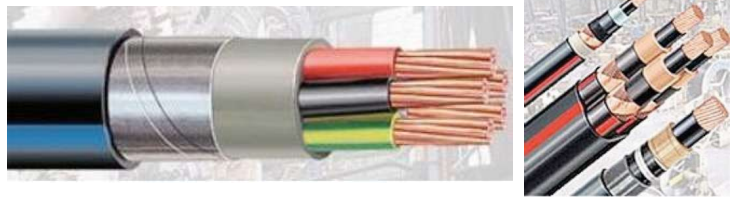
Un câble unipolaire comprend un conducteur de phase central en cuivre ou en aluminium, appelé âme. Ce câble peut être entouré par un isolant (papier imprégné d'huile, gaz sous pression pour la THT ou du polyéthylène). Puis par une gaine métallique ou une protection contre l'humidité et les mécaniques.



PVC, PE, polyoléfine thermoplastique

Sur la gaine thermoplastique, le câblage met une raie de couleur pour reconnaître le niveau de tension du câble.

bleu	BT (Al)
jaune	BT (Cu)
rouge	MT et HT
vert	téléphone



### 3.2 Passage de HT à BT

Pour arriver dans le domaine de la basse tension BT, il faut transformer l'énergie électrique à haute tension HT ou moyenne tension MT en énergie électrique à basse tension.

Pour cela, il faut un ou plusieurs transformateurs. Ceux-ci vont transformer la tension par paliers successifs (de HT en MT, puis de MT en BT (400 / 230 V)).

transport de couplage en THT (env. 400 kV)





transport régional en MT (p.e. 24 kV)



distribution locale en BT 400 / 230 V

### 3.3 Câbles basse tension du distributeur

Les câbles à basse tension sont généralement multipolaires entre le poste de transformation et le bâtiment à alimenter. Ils sont composés de trois conducteurs polaires repérés L1 brun, L2 noir, L3 gris et d'un conducteur PEN jaune-vert avec un embout bleu. Ce conducteur PEN assure la fonction de conducteur de protection et de conducteur neutre (on trouve encore très souvent les couleurs noir-rouge-blanc dans les câbles des distributeurs).

L1	brun		0
L2	noir		0
L3	gris		0
PEN	jaune-vert		0 embouts bleus

### 3.3.1 Pose des câbles de la ligne d'amenée (distributeur)

Note

Ces câbles sont posés par les distributeurs d'énergie.

Ils peuvent être posés comme suit :

- lignes aériennes
- lignes souterraines

couleur des bandes de marquage :

<b>Rouge</b>	électricité
<b>Vert</b>	téléphone
<b>Bleu</b>	eau
<b>Jaune</b>	gaz

- *Les canalisations enterrées des différents services doivent être repérées par une bande de marquage posée au-dessus des canalisations afin de limiter les risques d'endommagement en cas de fouilles.*

Ces canalisations souterraines doivent être protégées contre les détériorations causées par :

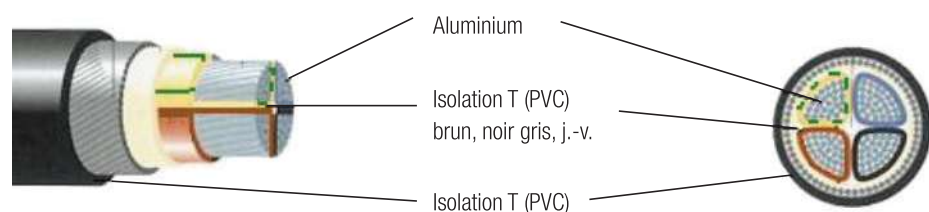
- le tassement des terres ;
- les actions chimiques dues au sol ;
- les chocs des outils à mains ou mécaniques ;
- la proximité des autres canalisations ;
- le croisement avec des câbles de services différents.

Note

- *Conformément à l'ordonnance sur les installations à basse tension (OIBT) les lignes d'amenée appartiennent au réseau de distribution et non pas à l'installation intérieure et ne sont donc pas soumises à la NIBT.*

### 3.3.2 Introduction souterraine câble sectoral

En plus des câbles «classiques», il arrive que le distributeur choisisse des câbles sectoraux pour établir la ligne d'amenée. Ils sont en aluminium et constitués de la façon suivante :



Pour raccorder ces câbles, il est nécessaire d'utiliser un outillage et du matériel spécial. On trouve aussi ce genre de câble dans les installations intérieures de fortes puissances.

### 3.3.3 Introduction aérienne

Lors d'une introduction aérienne, par le potelet ou en façade, les câbles unipolaires doivent être à isolation forte et résistants à la chaleur.

Exemple

câble 7 XVV : conducteur cuivre, isolation PVC résistant à des températures comprises entre  $-35$  [°C] à  $+110$  [°C], une tension nominale 600 / 1000 [V], tension d'essai 7000 [V].

### 3.4 Câble de l'installation intérieure

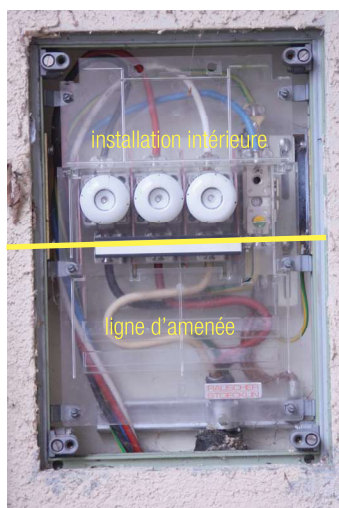
#### 3.4.1

#### Aboutissement des câbles

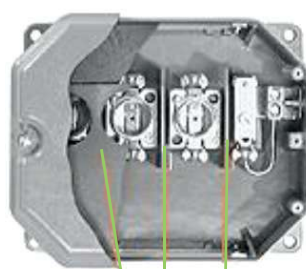
Exemples d'introduction

Le câble de la ligne d'amenée aboutit au **coupe-surintensité général**. Il détermine la séparation entre le réseau du fournisseur et l'installation intérieure soumise à la NIBT.

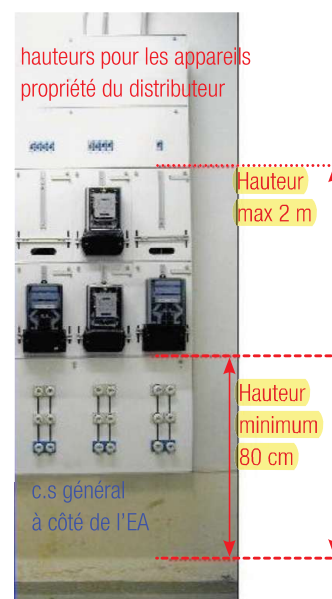
Dans la pratique, l'introduction et le tableau électrique se présentent de la manière suivante, selon les PDIE (prescriptions de distributeurs d'électricité de suisse romande).



Introduction souterraine



Introduction aérienne



Note

- La hauteur des supports des appareils appartenant au distributeur (compteurs et térelais) doivent être à une hauteur comprise en 80 cm du panneau support (arrête inférieure) et 200 cm (arrête supérieure).

#### 3.4.2 Liaison coupe-surintensité général – tableau.

La liaison entre le coupe-surintensité général et le tableau électrique est effectuée par des personnes de métier. Le *tableau* ou *ensemble d'appareillage* comprend les compteurs d'énergie, la télécommande, les coupe-surintensité pour alimenter les différents consommateurs et autres appareils de commande..

Note

- La télécommande sert à commander le contacteur des consommateurs délestés ou le comptage des tarifs du compteur d'énergie.

#### 3.4.3 Différents types de conducteurs uni ou multipolaires

T:		Tdc (TT)	
Plat :		Tdc-CLT	
		Isoport	

## 3.4.3.1

Dénomination  
des fabricants

A	cordons pour ascenseurs	a	armé
B	fils de coton	c	résistant à la corrosion
CL	deux feuilles acier	d	double isolation
F	cordon plat flexible	f	méplat
G	caoutchouc	i	imprégné
J	jute	k	résistant au froid
L	vernis	l	léger
P	papier	r	section circulaire
Pb	gaine de plomb	t	torsadé
PUR	Polyuréthane	u	guipé (tissu huilé ou fibre de verre)
S	soie naturelle ou artificielle	v	renforcé (électr. ou mécan.)
T	matière thermoplastique	w	résistant à la chaleur
Z	cordon pour luminaire à suspension centrale		



Exemples

- **Tdc** Câble thermoplastique double isolation résistant à la corrosion.
- **Tif** Cordon à isolation thermoplastique, léger, méplat.
- **PUR-PUR** fil et câble isolés au polyuréthane.

## 3.4.3.2

Filou corde

Dans la pratique, nous pouvons trouver des conducteurs :

avec une âme massive qui comprend un seul brin en cuivre.  <i>Exemple : câble Tdc 1,5 mm<sup>2</sup> à 10 mm<sup>2</sup></i>	
Pour les sections >10 mm <sup>2</sup> les conducteurs sont construits en multi-brins  <i>Exemple : câble Tdc 16 mm<sup>2</sup> à 300 mm<sup>2</sup></i>	

Pour obtenir une plus grande souplesse, on augmente le nombre de brins en diminuant leur section.

## 3.4.4 Constitution et utilisation des conducteurs et canalisation

Type de canalisation	Désignations abrégées A		Mode de pose			Genre du local ou environnement du conducteur				Tension nominale nominale $U_0/U$ V	Température limite de service, pose, transport, entreposage			
											Du conducteur		A la surface	
											H	I	J	K
	CENELEC	ASE	A	B	C	D	E	F	G	°C	°C	°C	°C	
Conducteur élémentaire PVC	H07V-U H07V-R A07V-R H07V-K	fil T	X	Si IP4x		X	X	X		450/750	+70	+160	+70/-40	+70/+5
Câble PVC	CH-N1VV-U CH-N1VV-R	Tdc	X	X	X	X	X	X	X	600/1000	+70	+150	+70/-40	+70/+5
Cordon rond PVC avec gaine normale	H05VV-F CH-N05VV-F	Td	X	X	X	X	X	X		300/500	+70	+150	+70/-40	+70/+5
Cordon rond PCV pour contraintes sévères	CH-N1VTV-F	Tdv	X	X	X	X	X	X	X	600/1000	+70	+150	+70/-40	+70/+5
Conducteur PVC pour câblage interne résistant à la chaleur	CH-N05V2-U CH-N05V2-K	Tdw	X			X	X	X		300/500	+90	+160	+90/-25	+90/+15
Cordon avec Polyuréthane	CH-N05VQ-F CH-N05QQ-F	PUR-PUR			X		X	X		450/750	+60	+150	+60/-25	+70/-5
Conducteur caoutchouc silicone résistant à la chaleur	H05SJ-K	Gdw	X	X		X	X			300/500	+180	+350	+180/-40	+180/-25
Cordon normal rond avec gaine caoutchouc	H05RR-F CH-N05RR-F	Gd	X	X	X	X	X	X	X	300/500	+60	+200	+60/-40	+60/-25
Cordon rond pour contraintes sévères avec gaine caoutchouc	H07RN-F	Gdv	X	X	X	X	X	X	X	450/750	+60	+200	+60/-40	+60/-25

A sous tube

B dans caniveau ou sur tablette

C directement sur partie de bâtiment

D câblage d'appareils

E sec

F humide ou mouillé

G agressif

H en service

I en court-circuit

J posé à demeure

K lors de la pose

## Note

- La pose de fils dans des caniveaux n'est autorisée que si le degré de protection est d'au moins IP 4x et que les couvercles ne peuvent pas être enlevés facilement à la main.

## 3.4.5

## Repérage

## des conducteurs

## Conducteurs polaires

L1, L2, L3

BRUN, NOIR, GRIS

autres conducteurs polaires : toutes les couleurs sauf

jaune, -vert, bleu et depuis 2010 le vert,

anciennement les phases : noir, rouge, blanc (ces couleurs peuvent encore être utilisées pour des retours par exemple).

## Conducteurs neutres

N

bleu

dans un ensemble d'appareillage, si tous les conducteurs polaires sont noirs, le N peut aussi être noir,

dans un câble où tous les conducteurs sont noirs numérotés (sauf le PE), le N peut aussi être noir numéroté. Dans ce cas ce sera celui qui a le plus petit numéro et, depuis 2010, muni d'embouts bleus.

Dans les circuits de télécommande des distributeurs, le neutre doit être gris numéroté 0 et muni d'un embout bleu.

## Conducteurs de protection PE

jaune-vert,

si le conducteur est nu, il doit être marqué aux extrémités en jaune-vert

## Conducteurs de terre

jaune-vert

## Conducteurs d'équipotiel

PA /PAZ

jaune-vert (ou nu marqué aux extrémités en jaune-vert)

## Conducteurs PEN

PEN

jaune-vert, il doit être marqué aux extrémités en bleu

## Note

Dans une installation, les conducteurs polaires sont :

- les «phases» : de couleurs brun, noir, gris,
- les retours de lampes, poussoirs et autres de couleurs différentes, orange, violet, etc.

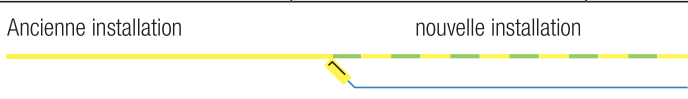
Les conducteurs actifs sont les conducteurs polaires et aussi le conducteur neutre car il peut parfois être sous tension.

## 3.4.5.1

## Rencontre

## avec des anciennes installations

conducteurs	Installation neuve	Ancienne rigide	Ancienne souple
L1	Brun	Noir	Noir
L2	Noir	Rouge	Brun
L3	Gris	Blanc	Noir
N	Bleu	Bleu	Bleu
N	Bleu Avec un embout jaune au point de jonction	Jaune	Jaune
Ancienne installation		nouvelle installation	

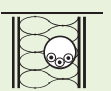














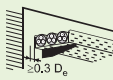


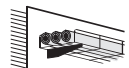
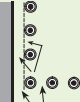
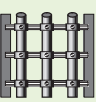


## Note

- Le risque de confusion n'existe que pour le conducteur bleu qui peut exister comme phase ou comme neutre, alors que le conducteur jaune n'existe que comme neutre, c'est pour cela que l'on ne marque que le conducteur bleu.

## 3.4.6

## Pose des câbles

<p>Les conducteurs sont posés à l'aide de conduits (tubes), de chemins de câbles, dans des conduits-profilés noyés.</p> <p>Les fils ne doivent jamais pouvoir être touchés par des personnes « ordinaires ».</p> <p>Les câbles peuvent être posés en montage apparent sans protection supplémentaire sauf en cas de risque de chocs.</p> <p>Dans la NIBT, les quelques 80 modes de pose répertoriés sont regroupés en méthodes de référence. Cela permet de simplifier le dimensionnement des canalisations (les fils isolés au PVC ne devant pas dépasser 70 °C en utilisation normale) en les groupant en fonction de leur déperditions thermiques.</p> <p>La pose de fil directement dans une goulotte (B1) n'est autorisée que si couvercle présente une indice IP 4X et ne s'enlève à la main que très difficilement.</p>	A1	 <p>Conducteurs unipol. dans un conduit dans une paroi isolante</p>	A2	 <p>Câble multicond. dans un conduit dans une paroi isolante</p>	
	B1	 <p>Conducteur unipol. dans un conduit sur une paroi isolante</p>	 <p>Cond. unipol. dans un conduit espacé sur une paroi isolante</p>	 <p>Cond. unipol dans un conduit encastré dans une paroi maçonnée</p>	
	B2	 <p>Câble multicond. dans un conduit sur une paroi en bois</p>	 <p>Câbles multicond. dans une goulotte sur une paroi en bois</p>	 <p>Câble multicond. dans un conduit encastré dans une paroi maçonnée</p>	
	C	 <p>Câbles monocond. ou multicond. sur une paroi en bois ou maçonnée</p>	 <p>Câbles dans une goulotte non perforée</p>		
	D	 <p>Câbles multicond. dans un conduit profilé enterré</p>	 <p>Câble unipol. dans un conduit de protection ou dans un caniveau de protection enterré</p>	 <p>Câble uni ou multicond. avec gaine de protection enterré, avec protection mécanique supplémentaire</p>	
	E	 <p>Câbles à l'air libre</p>	 <p>Câbles multicond. jointifs sur échelle à câbles</p>	 <p>Câbles multicond. sur chemins de câbles perf. ou panier à câbles</p>	
	F	 <p>Câbles monocond. jointifs à l'air libre</p>	 <p>Câbles monocond. jointifs sur échelle à câbles</p>	 <p>Câbles monocond. sur chemins de câbles perf. ou panier à câbles</p>	
G	 <p>Câbles monocond. espacés à l'air libre</p>	 <p>Câbles monocond. esp. sur échelle à câbles</p>			

### 3.5 Câbles pour canalisations mobiles

#### 3.5.1 Types de canalisations mobiles

Les câbles pour montage mobile sont utilisés lorsque :

- nous désirons brancher un appareil mobile ou transportable à une prise ;



*Cordons de raccordement*



*Cordon d'appareil*

- nous désirons prolonger une canalisation fixe vers un appareil au moyen d'une canalisation mobile ou d'un cordon prolongateur ;



*cordons prolongateurs*

*NIBT*

- Depuis 2005, il n'est plus obligatoire de mettre les cordons de plus de 5 mètres sur des dispositifs enrouleurs.

#### 3.5.2 Exemple de câble souple

<b>Cordons torsadés flexibles GtS</b>	conducteurs en cuivre étamé, isolation caoutchouc, torsadé, tresse soie artificielle brune.
<b>Cordons ronds flexibles GrB.</b>	conducteurs en cuivre étamé, isolation caoutchouc, rond, tresse coton glacé noir (H03RT-F).
<b>Cordons pour fers à repasser GrBB</b>	conducteurs en cuivre étamé, isolation caoutchouc avec tresse double en coton glacé noir/blanc.

## 3.6 Câbles de télématique

### 3.6.1 Câbles pour la téléphonie et l'informatique filaire

#### numérotation des quartes

Pour la distribution de la téléphonie, on utilise soit des câbles bifilaires I 83 (que pour des lignes analogiques) ou des câbles U 72.

Les câbles U72 sont composés de quartes contenant 4 fils repérés A, B, C (turquoise) et D (violet). Le nombre maximum de quartes est de 120 soit 240 paires.



Les fils A sont repérés dans l'ordre :

Blanc, rouge, noir, jaune.

Ensuite on met à tour de rôle la couleur du fil B avec le couleur du fil A (d'abord le bleu avec chacune des couleurs du fils A, puis l'orange et ainsi de suite).

Les fils B sont repérés dans l'ordre bleu, orange, vert, brun, gris.

Les fils C sont repérés avec la couleur turquoise.

Les fils D sont repérés avec la couleur violette.

Fils A	fils b				
	Bleu	Orange	Vert	Brun	Gris
blanc	1	2	3	4	5
rouge	6	7	8	9	10
noir	11	12	13	14	15
jaune	16	17	18	19	20
blanc + bleu	21	22	23	24	25
rouge + bleu	26	27	28	29	30
noir + bleu	31	32	33	34	35
jaune + bleu	36	37	38	39	40
blanc + orange	41	42	43	44	45
rouge + orange	46	47	48	49	50
noir + orange	51	52	53	54	55
jaune + orange	56	57	58	59	60
blanc + vert	61	62	63	64	65
rouge + vert	66	67	68	69	70
noir + vert	71	72	73	74	75
jaune + vert	76	77	78	79	80
blanc + brun	81	82	83	84	85
rouge + brun	86	87	88	89	90
noir + brun	96	97	98	99	100
jaune + brun	96	97	98	99	100
blanc + gris	101	102	103	104	105
rouge + gris	106	107	108	109	110
noir + gris	111	112	113	114	115
jaune + gris	116	117	118	119	120
fils A	fils b				
	bleu	orange	vert	brun	gris

#### Exemple

La 12<sup>ème</sup> quartes est composée d'un fil A noir, d'un fil B orange d'un fil C turquoise et d'un 4<sup>ème</sup> fil D violet.

Pour les liaisons ISDN ou KNX il est préférable d'utiliser un câble blindé (U72 M).

Les câbles de liaisons informatiques sont souvent composés de paires torsadées. (TP : twisted pair) et leur désignation indique comment ils sont blindés. On définit leur plage de débit en les cataloguant en catégories. Plus la catégorie (de 1 à 7) est élevée, plus la pose doit être particulièrement soignée (efforts de traction minimes, pas de compression, rayon de courbure respecté, pas de dé-torsadage, etc.).

## 3.6.1.1

*Désignation des câbles  
en télécommunication*

**U** : pas de blindage  
**F** : blindage par feuillard  
**S** : blindage par tresse

La lecture de l'extérieur du câble vers l'intérieur.

**UTP (Unshielded Twisted Pair)**

Unshielded twisted pair

Câble : non blindé

Paires : non blindées

**F / UTP**

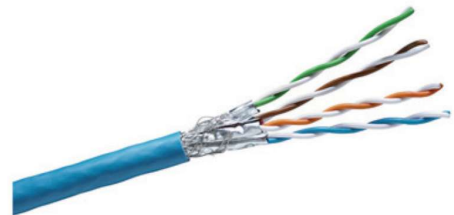
Câble : blindage par feuille (ou écran)

Paires : non blindées

**U / FTP**

Câble : non blindé

Paires : blindées par feuille

**S / FTP**

Câble : blindé par une tresse

Paires : blindées par une feuille

**F / FTP**

Câble : blindé par une feuille

Paires : blindées par une feuille



## 3.6.2

## Câble coaxial

Dans les installations de téléseu on utilise généralement des câbles coaxiaux. La présence du blindage renforce son immunité aux perturbations électro-magnétiques.



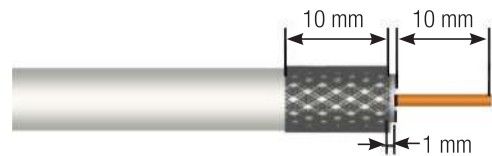
## 3.6.2.1

Connexion  
des câbles coaxiaux

Le raccordement de ce type de câble doit être fait avec le plus grand soin. Si par négligence un des petits fils constituant la tresse de masse entre en contact avec le cœur, cela crée un court-circuit et la perte des informations devant transiter sur ce câble.



Préparation pour un raccordement à une fiche F



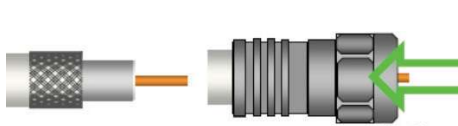
Préparation pour un raccordement à une prise TV



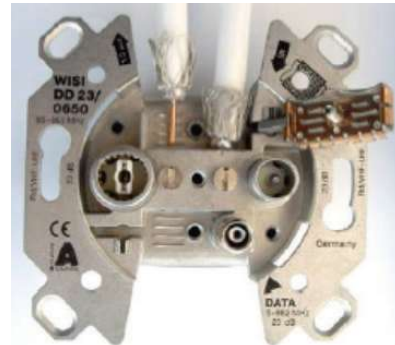
Outil à dénuder pour raccordement des fiches



Outil à dénuder pour le raccordement des prises



Pour le raccordement de la fiche, il faut d'abord replier la tresse par-dessus la gaine (la feuille reste en place), puis glisser le câble dans la fiche. Si la fiche est un modèle à sertir, il est impératif d'avoir à disposition la bonne douille (le sertissage se fait sur la partie rainurée).



## 3.6.2.2

Affaiblissement  
des câbles coaxiaux

Les câbles coaxiaux sont utilisés pour le transport de signaux électriques à des fréquences élevées (de 50 à 1000 MHz pour la TV et de 11 à 12 GHz pour les réceptions satellites). A ces fréquences on ne parle plus de résistance de ligne mais d'affaiblissement dû à l'impédance  $Z$  du câble. Cette impédance varie en fonction de la fréquence. Les fournisseurs indiquent donc un affaiblissement en fonction de la fréquence. Plus la fréquence est élevée, plus l'atténuation sera grande.

L'affaiblissement est donné en dB ce qui permet d'avoir une valeur constante quelque soit la puissance du signal. Par exemple, un affaiblissement de 3 dB divise la puissance d'entrée d'un facteur de 2.

## Exemples

dix mètres d'un câble FS 480 subissent un affaiblissement de 1,8 dB à 800 MHz.

- Si la puissance d'entrée est de 80 dB alors celle à la sortie sera de 78,2 dB ( $80 - 1,8$ );
- Si la puissance d'entrée est de 75 dB alors celle à la sortie sera de 73,2 dB ( $75 - 1,8$ ).

Voici quelques exemples de câbles et leur affaiblissements en dB pour 100 m de longueur :

F en MHz	100	200	500	800	1800
Bede	13,0	19	32	42	60
RK 80 W	8	11	18	22	34
MK-04	16,5	22	3,5	45	
FS-0480	6,3	8,7	13,7	18	30
MK-90	6	8,2	13	18	27

### Exercice

Donner une valeur possible de l'atténuation du câble MK-04 à 1'800 MHz. >45 dB

### Rappel

$$P_{dB} = 10 \cdot \log \frac{P_{mW}}{P_{réf}} \quad \text{affaiblissement en dB} = 10 \cdot \log \frac{P_s}{P_e} \quad \text{ou, en pratique, } 20 \cdot \log \frac{U_s}{U_e}$$

### Exemple

La puissance de référence est de 1 mW. En TV il n'y a pas de correspondance entre une puissance exprimée en dB<sub>mW</sub> et dB<sub>μV</sub>

la puissance d'un signal est de 250<sub>mW</sub>. Exprimer cette puissance en dB :

$$P_{dB} = 10 \cdot \log 250/1 = 10 \cdot 2,4 = 24 \text{ dB}$$

### Note

- Une variation de 3 dB indique toujours une variation d'un facteur 2 de la puissance du signal !

### Calcul

#### d'une ligne coaxiale

Nous devons calculer les niveaux aux entrées de câble FS-480 de deux prises placées en série dans l'installation. La première prise a une atténuation de passage de 1<sub>dB</sub> (pour toutes les fréquences).

Complétez le tableau en vous aidant de l'exemple

fréquences des canaux en MHz	100	200	500	800
P <sub>dB</sub> des signaux à ces fréquences	75	77	73	80
affaiblissement au bout de 10 m de câble en dB	0,63	0,87	1,37	1,8
P <sub>dB</sub> des signaux au bout du premier câble	74,37	76,13	71,63	78,2
affaiblissement de passage de la 1ère prise	1	1	1	1
P <sub>dB</sub> des signaux à la sortie «câble» de la prise	73,37	75,13	70,63	77,2
affaiblissement au bout de 6 m de câble en dB	0,38	0,52	0,82	1,1
P <sub>dB</sub> des signaux au bout du second câble	72,99	72,99	69,81	76,1

On constate que plus la fréquence est élevée, plus l'atténuation augmente. On peut aussi affirmer que la puissance de sortie à 800 Mhz est au moins 2 (2,45) fois plus petite que sa puissance d'entrée puisqu'il y a plus de 3 dB d'atténuation.

## 3.6.3

## Câbles à fibre optique

## 3.6.3.1

## Introduction

## Note

Les systèmes optiques de transmission sont de plus en plus fréquemment utilisés en technique de transmission.

Ce système permet de construire, sans régénérateur, des segments pouvant atteindre 100 km et plus pour des débits de l'ordre des gigabits (Gbit/s).

- Avec les lignes cuivre, le signal est amplifié : on augmente la valeur du signal et également celui du bruit. Avec la fibre optique, le signal est régénéré : on remet en forme le signal..

La fibre optique (FO) est utilisée principalement :

- pour les liaisons sur de longues distances ;
- pour des installations demandant un débit très élevé ;
- pour des installations avec des fortes perturbations électro-magnétiques ;
- pour des installations d'éclairage (non traité dans ce chapitre).

Les qualités des FO sont :

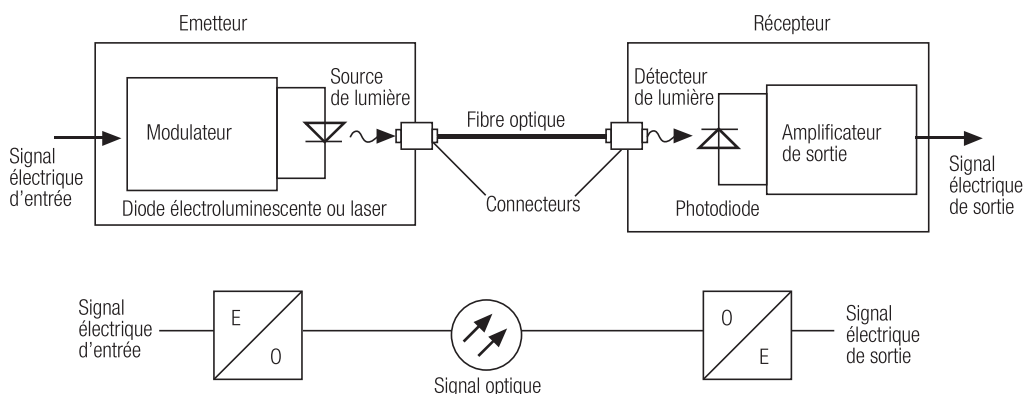
- à débit équivalent, ces câbles sont plus léger que ceux en cuivre ;
- immunité aux bruits (perturbations EM) ;
- débits très élevés ;
- largeur de bande jusqu'au Ghz ;
- assure la protection contre les écoutes (pas de diaphonie).



## 3.6.3.2

## Principe

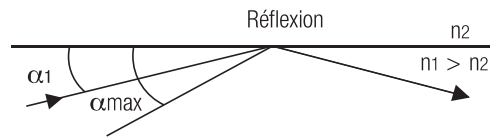
Il s'agit de transformer le signal électrique d'entrée en un signal lumineux afin de l'injecter dans la fibre. A l'autre extrémité, on transforme le signal lumineux en signal électrique de sortie.



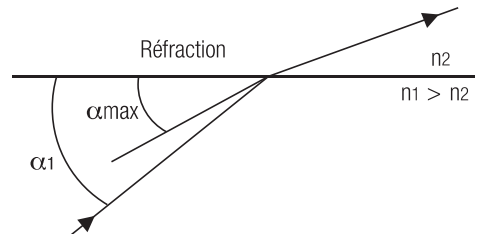
## Réflexion et réfraction

Lorsque un rayon lumineux passe d'un verre d'indice de réfraction  $n_1$  à un autre un verre d'indice  $n_2$  plus faible, il change de direction et de vitesse.

Si l'angle d'incidence  $\alpha_1$  est inférieur à l'angle limite  $\alpha_{\max}$ , le rayon de lumière est totalement réfléchi, on parle alors de **réflexion**.



Par contre, si l'angle d'incidence  $\alpha_1$  est supérieur à l'angle limite  $\alpha_{\max}$ , le rayon lumineux est réfracté, on parle de **réfraction**.



#### Note

- L'indice de réfraction  $n$  est le rapport entre la vitesse de la lumière dans le vide et celui de la lumière dans un milieu. Ce dernier est toujours supérieur à 1, plus il est grand plus la vitesse de la lumière est petite.

#### 3.6.3.3

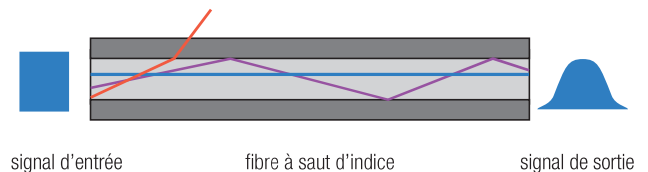
##### Passage

##### du rayon lumineux

Dans un câble il y a souvent plusieurs fibres. Il existe 3 sortes de FO en télécommunication qui se distinguent principalement (hormis le prix) par leur débit.

- multi-mode à saut d'indice vitesse : « lente »
- multi-mode à gradient d'indice vitesse : moyen
- monomode vitesse : rapide

Dans une fibre la longueur du parcours d'un rayon lumineux peut varier en fonction des différentes réflexions sur les parois.



Plus il y a de réflexions (en mauve), plus le chemin est long et donc plus le signal source est étiré. Cela diminue le débit binaire car il ne faut pas de recouvrement entre différents signaux lumineux..

Pour limiter cet effet la fibre est fabriquée de façon à sortir de la fibre les rayons dont le parcours serait trop augmenté (en rouge).

Dans ce cas l'intensité lumineuse diminue mais la durée de l'impulsion lumineuse n'augmente que très peu. On peut facilement mettre en évidence ce phénomène en courbant exagérément une FO prévue pour l'éclairage. On verra alors la lumière sortie au point de pliage et l'intensité de la lumière à l'extrémité de la fibre nettement diminuer.

Le matériel nécessaire à la connexion de fibres – dont le diamètre du cœur ne dépasse pas un cinquième de millimètre – nécessite une grande précision d'alignement et de coupure des fibres.

## 3.6.2.4

## Modes de propagation

Fibre multimode  
à saut d'indice

Les différents rayons lumineux parcourant la fibre sont appelés « **modes** ».

Dans ce type de fibres, l'indice de réfraction du cœur est constant, il y a changement brusque de l'indice de réfraction entre le cœur et le cladding (conducteur optique extérieur).

Dans cette fibre, il y a plusieurs parcours possibles du rayon lumineux dans la fibre d'où le terme de multimode.

Le diamètre du cœur est de 100  $\mu\text{m}$  et celui de la gaine de 140  $\mu\text{m}$ .

Fibre multimode  
à gradient d'indice

Afin d'éviter une trop grande limitation de la bande passante, des fibres dont le cœur est dit à « gradient d'indice » ont été développées. L'indice de réfraction diminue graduellement du centre du cœur vers le cladding provoquant une augmentation de la vitesse de propagation des rayons lumineux situés à la périphérie du cœur par rapport à celle des rayons se propageant au centre de celui-ci. Le chemin des rayons lumineux présentent une allure sinusoïdale. Il y a toujours plusieurs parcours possibles du rayon lumineux dans la fibre mais les temps de parcours des différents modes sont presque identiques.

Le diamètre du cœur est de 50  $\mu\text{m}$  ou 62,5  $\mu\text{m}$  et de 125  $\mu\text{m}$  pour la gaine.

## Fibre monomode

La fibre monomode est un cas particulier de la fibre multimode à saut d'indice. Plus le cœur de la fibre est fin, moins la différence de longueur des trajets entre les divers modes de propagation de la lumière est grande. Si le cœur ne dépasse pas quelques micromètres, il n'y a plus qu'un mode de propagation, et la dispersion modale devient nulle. Il n'y a plus qu'un parcours possible du rayon lumineux dans la fibre d'où le terme de « monomode ».

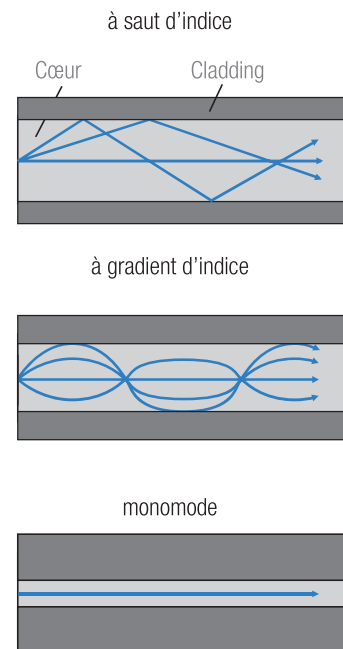
C'est la solution idéale en ce qui concerne la bande passante. Le diamètre du cœur est d'environ de 10  $\mu\text{m}$  et de 125  $\mu\text{m}$  pour la gaine.

## 3.6.2.5

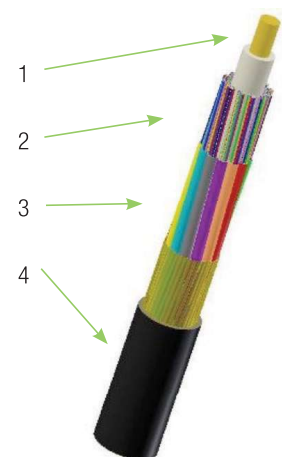
Repérage des fibres  
optiques

Les câbles à fibres optiques contiennent souvent un grand nombre de fibres. Pour les repérer on met autour d'un porteur central (1) des micro-tubes (3) aussi appelés parfois micro bundle en cercle et éventuellement en plusieurs couches (macro-tube), et dans ces tubes on trouve les fibres optiques (2) placées en cercle autour d'un support central.

Le tout est placé dans une gaine de protection (4).



Représentation des différents types de fibres optiques :



Pour repérer les fibres, chaque fabricant utilise un code couleur différent. Son code est prévu pour 12 fibres et ensuite pour les tubes.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Rouge	Vert	Jaune	Bleu	Blanc	Violet	Orange	Noir	Gris	Brun	Rose	Turquoi.

*Exemple de code couleur pour FO*

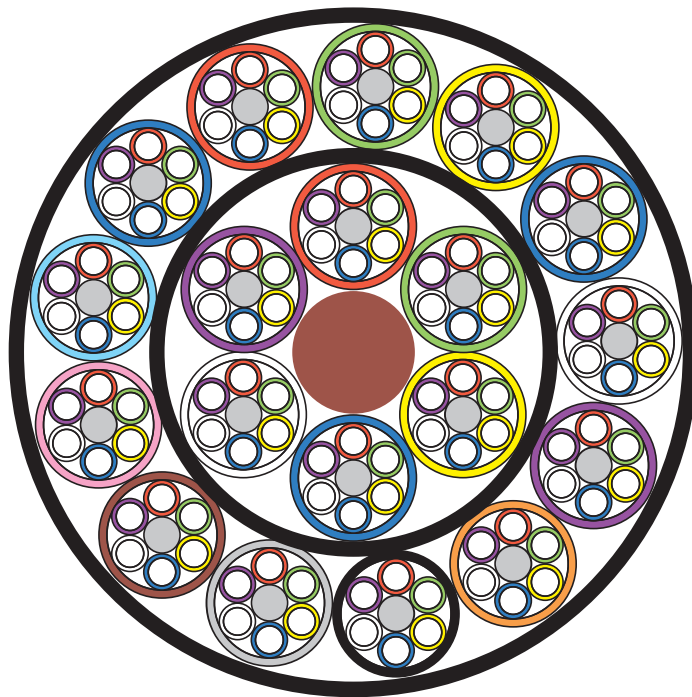
### Exemple

Dans l'exemple ci-dessous, chaque tube est composé de 6 fibres. En pratique, le fabricant peut faire des tubes avec un nombre différent de tubes.

Le première couche contient 6 tubes (et donc 36 fibres au total) et la seconde couche contient 13 tubes. On voit qu'à partir de la 13ème fibre le marquage recommence à bleu (puis blanc pour une 14ème, violet pour la 15ème, etc.).

Ce câble a donc 114 fibres.

Ici les tubes (mini-tubes) contiennent des fibres. Il est possible de faire aussi des macro-tubes repérés de la même façon et qui contiennent des tubes. L'image serait identique si on admettait que les ronds blancs représentent un ensemble de fibres.



### 3.7

#### Courant admissible en fonction de la section.

Le courant admissible dans les canalisations à courant fort dépend principalement des conditions de pose de la canalisation (voir NIBT 5.2.3.1.1.15.5). Ici nous indiquons les valeurs pour la méthode de référence B1 - qui est la plus largement utilisée - pour une canalisation triphasée (sauf la première colonne en monophasé) à 30 °C.

A [mm <sup>2</sup> ]	1,5 mono	1,5 tri	2.5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120
I [A]	17,5	15,5	21	28	36	50	68	89	110	134	171	207	239