

# Transparent Factory

## Conception de réseau et guide de câblage

490 USE 13400 fre Version 1.0



---

# Table des matières



---

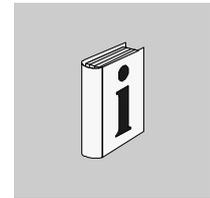
	<b>A propos de ce manuel</b> .....	<b>5</b>
<b>Chapitre 1</b>	<b>Introduction à la conception de réseau Ethernet</b> .....	<b>7</b>
	Introduction .....	7
	Présentation de la conception d'un réseau Ethernet. ....	8
	Produit de connectivité .....	9
	Architecture globale. ....	11
<b>Chapitre 2</b>	<b>Plan du site</b> .....	<b>13</b>
	Un plan du site est nécessaire : .....	13
<b>Chapitre 3</b>	<b>Flux de données</b> .....	<b>15</b>
	Description .....	15
<b>Chapitre 4</b>	<b>Redondance</b> .....	<b>17</b>
	Introduction .....	17
	Redondance d'alimentation. ....	18
	Redondance du réseau. ....	19
<b>Chapitre 5</b>	<b>Distances et règles</b> .....	<b>23</b>
	Introduction .....	23
5.1	Conception d'un réseau multisegment à un seul domaine de collision. ....	25
	Introduction .....	25
	Règle Ethernet standard 1 : détection de collision et temps maximal de propagation .....	26
	Règle Ethernet standard 2 : Rétrécissement de l'intervalle entre paquets ....	29
	Limites de couches physiques .....	30
5.2	Modèles de calcul dans le domaine Ethernet 10 Mbit/s .....	31
	Introduction .....	31
	Modèle Ethernet 1 standard .....	32
	Modèle Ethernet 2 standard .....	33
	Modèle de calcul de Schneider Automation .....	40
5.3	Modèles de calcul dans le domaine Ethernet 100 Mbit/s .....	47
	Introduction .....	47
	Modèle 1 de transmission standard .....	48
	Modèle 2 de transmission standard .....	49

---

5.4	Connexion des commutateurs . . . . .	50
	Connexion des commutateurs . . . . .	50
<b>Chapitre 6</b>	<b>Recommandations de câblage . . . . .</b>	<b>51</b>
	Introduction . . . . .	51
6.1	Règles de base . . . . .	53
	Règles et précautions . . . . .	53
	Présentation . . . . .	54
	Compatibilité Electromagnétique (CEM) . . . . .	55
	Terre et Masses . . . . .	56
	Mode Differentiel et Mode Commun . . . . .	58
	Câblage des masses et du neutre . . . . .	59
	Choix des câbles électriques Transparent Factory . . . . .	60
	Sensibilité des différentes familles de câbles . . . . .	61
6.2	Règles de câblage . . . . .	62
	Règles à suivre par le monteur . . . . .	62
	Première règle de câblage . . . . .	63
	Deuxième règle de câblage . . . . .	64
	Troisième règle de câblage . . . . .	65
6.3	Utilisation des chemins de câbles . . . . .	66
	Bases . . . . .	66
	Principes généraux d'utilisation de chemins de câbles . . . . .	67
	Modes de vérification de la longueur d'un câble homogène . . . . .	73
	Mode de vérification de la longueur d'un câble hétérogène . . . . .	75
	Autres effets protecteurs . . . . .	76
6.4	Liaisons entre bâtiments . . . . .	79
	Introduction . . . . .	79
	Câblage des liaisons électriques . . . . .	80
	Protection des pénétrations . . . . .	81
6.5	Utilisation de la fibre optique . . . . .	82
	Choix et montage de la fibre optique . . . . .	82
	Choix du type de connexion optique . . . . .	83
	Mise en place des cordons optiques . . . . .	84

---

# A propos de ce manuel



---

## Présentation

### Objectif du document

Ce manuel décrit la conception d'un réseau Ethernet et fournit quelques recommandations en matière de câblage.

### Champ d'application

Les recommandations de ce manuel peuvent s'appliquer à tout réseau Ethernet.

### Historique des évolutions

Indice	Liste des évolutions
1	Initial version.

### Document à consulter

### Avertissements liés au(x) produit(s)

### Commentaires utilisateur

Envoyez vos commentaires à l'adresse e-mail [TECHCOMM@modicon.com](mailto:TECHCOMM@modicon.com)

---



---

# Introduction à la conception de réseau Ethernet

# 1

---

## Introduction

### Présentation

Ce chapitre fournit quelques informations de base sur la conception d'un réseau Ethernet.

### Contenu de ce chapitre

Ce chapitre contient les sujets suivants :

Sujet	Page
Présentation de la conception d'un réseau Ethernet	8
Produit de connectivité	9
Architecture globale	11

---

## Présentation de la conception d'un réseau Ethernet

---

### Présentation

La conception d'un réseau Ethernet commence par une description de l'application ciblée. Il faut prendre en compte trois aspects principaux dans cette description :

- l'**aspect topologique** (chapitre 2),
- l'évaluation du **flux de données** (chapitre 3),
- et les exigences de **redondance** (chapitre 4).

Après cette première étape qui décrit les exigences de l'installation, la conception du réseau doit répondre aux conditions suivantes. Pour fonctionner correctement, l'architecture du réseau doit être conforme à des règles particulières :

- **les distances et règles Ethernet** (chapitre 5),
  - **les règles de CEM** (chapitre 6).
-

## Produit de connectivité

---

### Stations d'extrémité

Les stations d'extrémité sont les équipements que vous souhaitez connecter par le réseau. Ce sont les entités qui communiquent, envoient et reçoivent les données. Ces équipements sont les suivants :

- un PC connecté à Ethernet par une carte PCMCIA, PCI ou ISA,
- un automate tel qu'un produit de la gamme Quantum connecté avec un module NOE, Premium avec un module ETY ou M1E avec une connexion Ethernet intégrée, Micro avec un module ETZ,
- un périphérique d'E/S tel que le Momentum ENT avec Ethernet "Top-hat".

Ces stations d'extrémité sont appelées "équipement terminal de traitement de données (ETTD)" dans les standards Ethernet. Le terme "noeud" ou "station" peut également être utilisé dans les documentations.

---

### Hub

Le Hub ou concentrateur dispose de plusieurs ports de connexion, et toutes les trames et tous les signaux de collision reçus sur un port sont répétés sur tous les autres ports.

Synonymes : répéteur, coupleur en étoile, concentrateur.

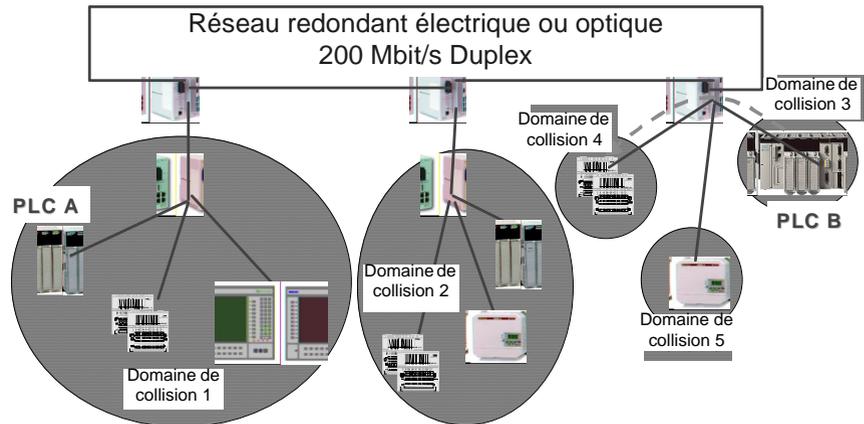
Il est possible de mettre plusieurs répéteurs en cascade. Dans ce cas, vous devez utiliser un câble croisé pour connecter les concentrateurs entre eux.



Avec cette fonction de filtrage, lorsque nous connectons deux segments de réseau avec un commutateur, seules les trames utiles sont diffusées, ce qui améliore la bande passante pour les données.

Les ports de commutateurs peuvent également offrir une fonction duplex. Cela signifie qu'ils peuvent à la fois transmettre et recevoir. La bande passante du réseau peut alors atteindre 200 Mbit/s. Cette fonction peut être utilisée pour connecter deux commutateurs ou encore une station duplex sur un port.

Un exemple de commutateurs est présenté ci-dessous :



## Architecture globale

### Description

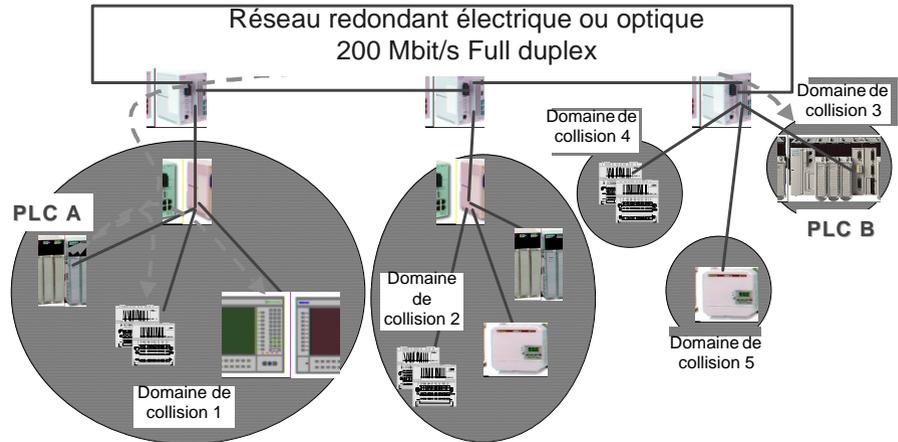
L'architecture globale d'un réseau Ethernet est divisée en différents **domaines de collision** reliés par des **commutateurs**.

Dans chaque domaine de collision, chaque élément participe au protocole de résolution de la collision et doit être conforme aux règles et aux distances de ce domaine.

Le domaine peut être à 10 Mbit/s (Ethernet) ou à 100 Mbit/s (Fast Ethernet). Le choix de la vitesse de transmission dépend des caractéristiques techniques des éléments connectés et des besoins de bande passante que requiert l'application.

Les commutateurs sont utilisés pour la **séparation du flux de données** des différents domaines ; ils permettent également **d'augmenter les distances** limites dans ces domaines.

Exemple :



---

## Plan du site

# 2

---

### Un plan du site est nécessaire :

#### Raisons de la nécessité d'élaborer un plan du site

Le plan du site doit être élaboré pour décrire l'application d'un point de vue topologique et physique ; vous y trouverez :

- l'emplacement des différentes zones et machines,
- l'emplacement des stations et des éléments,
- l'emplacement des réseaux existants,
- l'emplacement du chemin de câblage existant,
- l'emplacement des zones à risque en termes d'émissions CEM
- l'emplacement d'un chemin redondant.

#### Qu'apporte-t-il ?

Ce plan de site apporte des informations sur :

- la position relative des éléments devant être liés,
  - les distances entre les éléments,
  - les distances entre les réseaux existants,
  - la situation d'une zone à risques en termes d'émissions CEM.
-



---

## Flux de données

# 3

---

### Description

#### Présentation

Il est important de décrire le flux de données des différentes stations connectées.

Pour chaque flux :

- donnez le volume et la fréquence,
- calculez la bande passante nécessaire.

Tous les détails relatifs aux flux de données par service de communication sont décrits dans le manuel "Transparent Factory Ethernet User and Planning Guide" (490USE13300).

Constituez une table croisée de toutes les stations pour créer des groupes et déterminer ainsi l'utilisation des commutateurs.

**Note :** Utilisez 8 à 40 % de la bande passante disponible sur chaque domaine de manière à éviter des collisions en cascade.



---

# Redondance



---

## Introduction

### Présentation

Ce chapitre explique la redondance de l'alimentation et du réseau.

### Contenu de ce chapitre

Ce chapitre contient les sujets suivants :

Sujet	Page
Redondance d'alimentation	18
Redondance du réseau	19

---

## Redondance d'alimentation

---

### Présentation

Une redondance d'alimentation est disponible sur tous les concentrateurs, émetteurs-récepteurs ou commutateurs de Schneider Automation.

Il est possible de connecter deux alimentations sur le bornier. Les deux entrées sont découplées, il n'y a pas de distribution de charge et le module d'alimentation dont la tension de sortie est la plus élevée alimente l'appareil.

La défaillance d'au moins une source d'alimentation est indiquée par le contact de signalisation (contact de relais, circuit fermé), par des voyants sur le panneau avant ou des interruptions SNMP sur les produits gérés.

<p><b>Note :</b> Si l'alimentation est routée sans redondance, le produit indique un défaut. Vous pouvez éviter ce message en appliquant la tension d'alimentation aux deux entrées.</p>
--

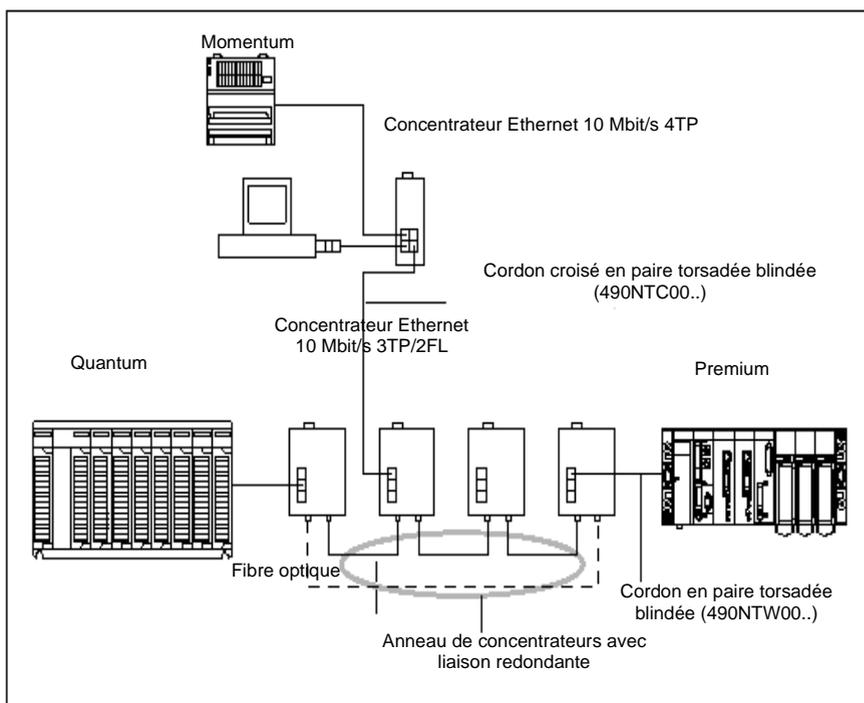
## Redondance du réseau

### Anneau optique 10 Mbit/s

A l'aide du concentrateur Ethernet TF 3TP/2FL 499NOH00510, il est possible de construire un anneau de concentrateurs mis en cascade via leurs ports optiques (ports 4 et 5). En cas de défaillance d'un concentrateur ou d'une ligne, une structure de bus continue de fonctionner.

L'un des concentrateurs de l'anneau doit être le gestionnaire de redondance. Cette fonction est activée par le micro-interrupteur R5 (par défaut, ce commutateur est en position off et la gestion de la redondance n'est pas activée).

Structure redondante d'anneau via les ports F/O du concentrateur 10 Mbit/s 3TP/2FL :



## Anneau de commutateurs 100 Mbit/s

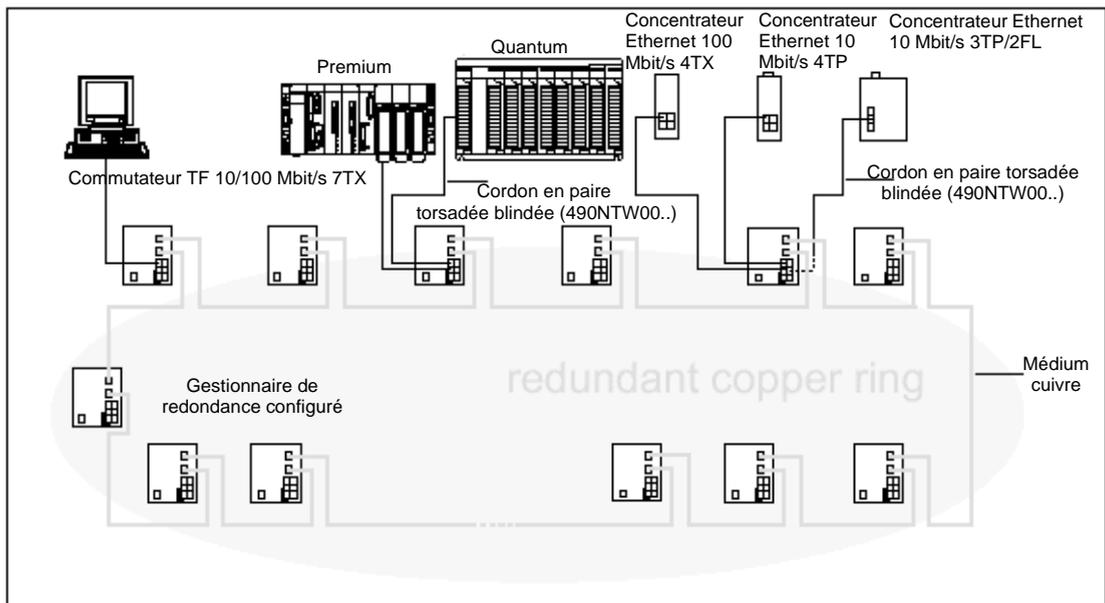
A l'aide des commutateurs TF 5Tx/2Ftx ou 7Tx (499NES07100 ou 499NOS07100), il est possible de construire un anneau de commutateurs reliés via leurs ports 6 et 7. En cas de défaillance d'un commutateur ou d'une ligne, une structure de bus continue de fonctionner en moins de 500 ms lorsque 50 commutateurs sont connectés.

L'un des commutateurs de l'anneau doit être le gestionnaire de redondance. Cette fonction est activée par le micro-interrupteur RM.

Par défaut, ce commutateur est en position off et la gestion de la redondance n'est pas activée.

Sur tous les commutateurs de l'anneau, les ports 6 et 7 doivent être configurés avec leurs paramètres par défaut : 100Mbit/s, full duplex, autonégociation.

Structure redondante d'anneau en cuivre



**Liaison  
redondante entre  
des segments de  
réseau**

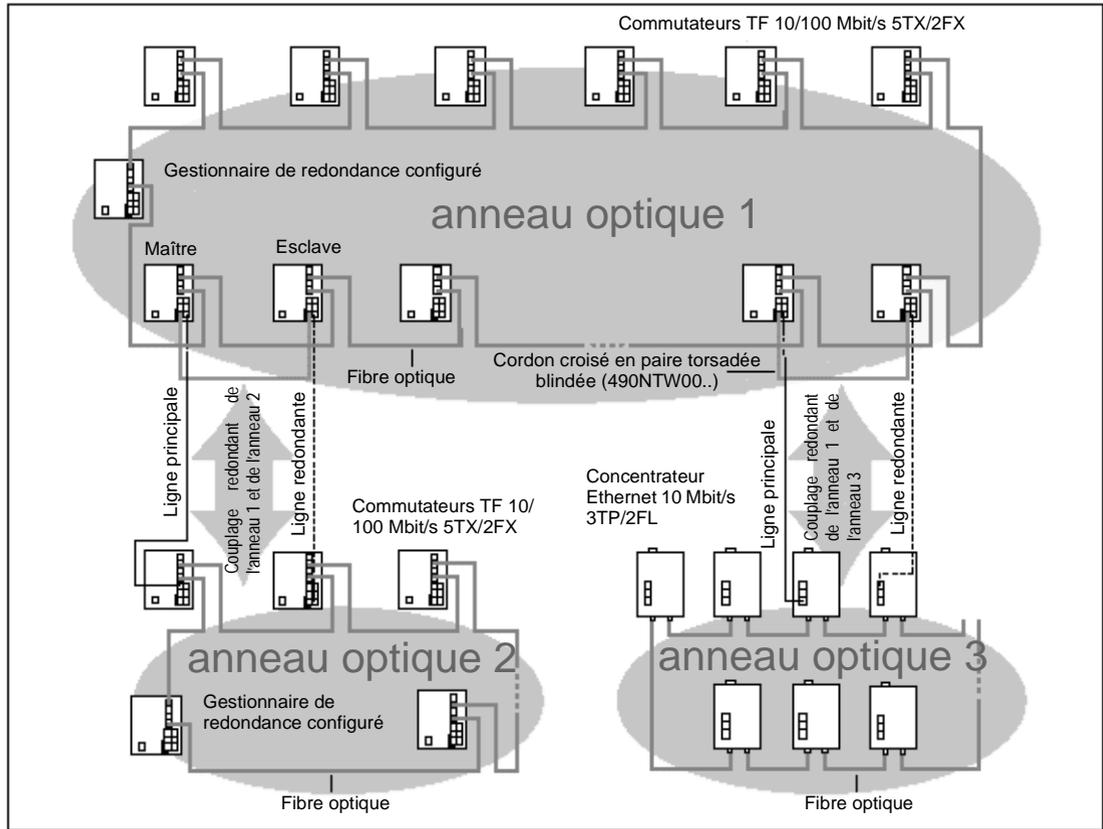
Les commutateurs TF 499NES07100 et 499NOS07100 permettent de construire une liaison redondante entre deux segments de réseau.

En mode normal, la liaison entre l'anneau optique 1 et l'anneau optique 2 est gérée par le commutateur "maître" via la ligne principale sur son port 1. Pour créer une ligne redondante entre ces deux anneaux, un deuxième commutateur, appelé "esclave", est utilisé :

- Le maître et l'esclave sont connectés sur leur port redondant via une paire torsadée croisée (490NTC00\*\*\*).
- La fonction de surveillance / mise en réserve doit être activée sur le commutateur esclave. Le micro-interrupteur de surveillance (standby) doit être en position ON.
- Le commutateur esclave est relié à l'anneau 2 sur son port 1. Cette liaison est redondante.

Si la ligne principale tombe en défaut, en 0,5 s, le NxS redondant libère la liaison redondante. Dès que la ligne principale fonctionne de nouveau normalement, le NxS maître informe le NxS redondant. La ligne principale est libérée et la ligne redondante est à nouveau bloquée.

### Couplage redondant d'anneaux optiques



---

# Distances et règles



---

## Introduction

### Présentation

Ce chapitre contient une présentation des règles à appliquer lors de la conception d'un réseau Ethernet.

### Contenu de ce chapitre

Ce chapitre contient les sous-chapitres suivants :

Sous-chapitre	Sujet	Page
5.1	Conception d'un réseau multisegment à un seul domaine de collision	25
5.2	Modèles de calcul dans le domaine Ethernet 10 Mbit/s	31
5.3	Modèles de calcul dans le domaine Ethernet 100 Mbit/s	47
5.4	Connexion des commutateurs	50

---



---

## 5.1 Conception d'un réseau multisegment à un seul domaine de collision

---

### Introduction

---

**Présentation** Cette section explique comment ces règles sont liées au comportement Ethernet.

---

**Contenu de ce sous-chapitre** Ce sous-chapitre contient les sujets suivants :

Sujet	Page
Règle Ethernet standard 1 : détection de collision et temps maximal de propagation	26
Règle Ethernet standard 2 : Rétrécissement de l'intervalle entre paquets	29
Limites de couches physiques	30

---

## Règle Ethernet standard 1 : détection de collision et temps maximal de propagation

### Méthode d'accès à Ethernet Détection de collision CSMA/CD

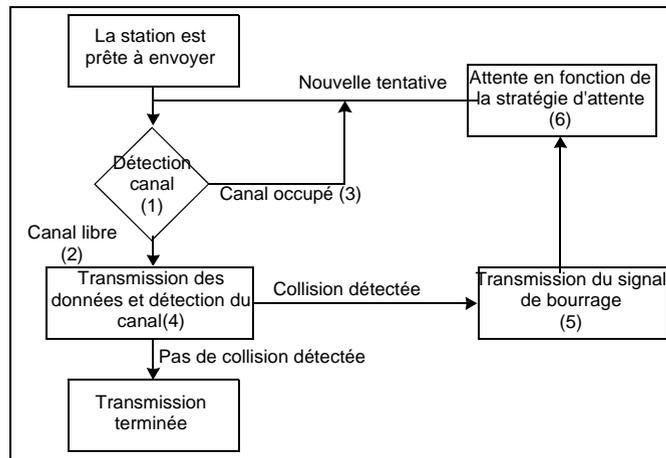
Chaque station terminale d'extrémité (ETTD - Equipement Terminal de Transmission de Données) du réseau surveille le trafic sur le réseau et, en l'absence de trafic, commence immédiatement la transmission des données.

La séquence d'une occurrence de transmission est la suivante :

- Test de porteuse : les membres du réseau vérifient si le médium de transmission est disponible.
- Accès multiple : si le médium de transmission est libre, un ETTD commence à transmettre les données.
- Détection de collision : si plusieurs ETTD envoient des données simultanément, une collision de données se produit.

La collision est détectée par chaque ETTD et la transmission est interrompue. Un calcul aléatoire est effectué dans chaque ETTD pour déterminer à quel moment la station pourra de nouveau envoyer des données.

La séquence complète pour l'envoi des données est la suivante :



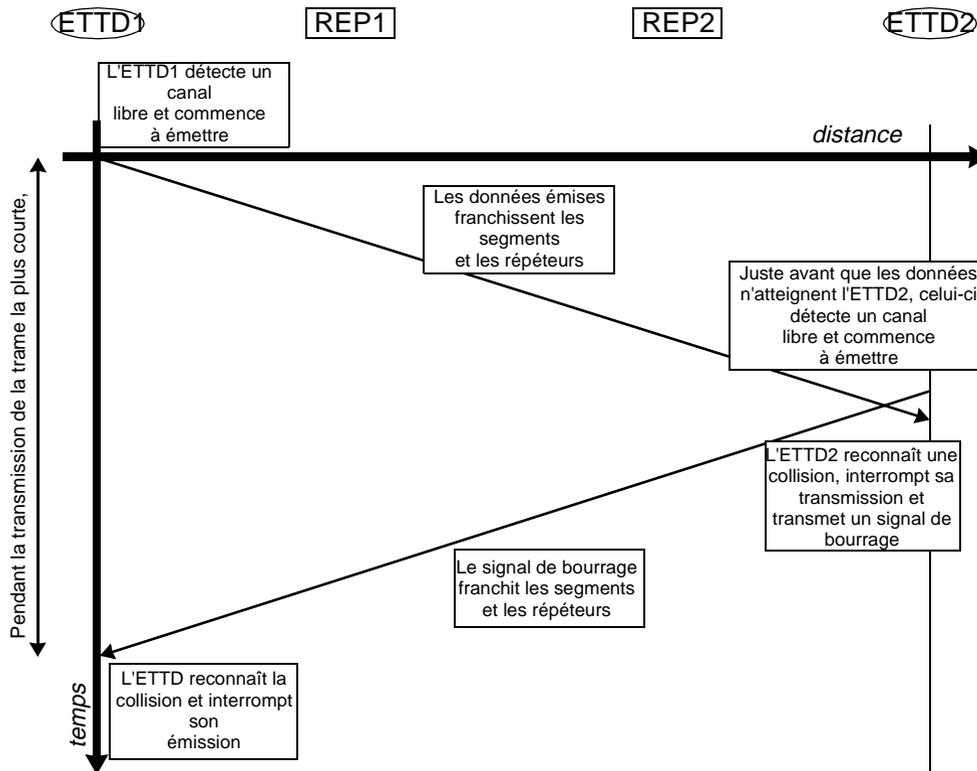
**Règle Ethernet 1**  
**: Temps maximal**  
**de propagation**  
**de collision aller-**  
**retour**

Cette première règle est la conséquence de cette méthode d'accès lorsqu'elle est appliquée à la transmission des trames les plus courtes (64 octets = 512 bits après le délimiteur de début de trame).

La figure ci-dessous représente la transmission d'une telle trame de l'ETTD1 à l'ETTD2. L'ETTD1 doit détecter la collision créée par l'ETTD2 avant la fin de sa transmission de trame.

Le signal a le temps de se propager jusqu'à la station la plus éloignée (ETTD2) qui transmet juste avant de recevoir, et le signal entré en collision a le temps de revenir à la première station (ETTD1) qui détecte la collision. Ce temps mis par le signal pour aller jusqu'à la station la plus éloignée et revenir sous forme de signal entré en collision est appelé le temps de propagation de collision aller-retour.

Ainsi, la valeur maximale du temps de propagation de collision aller-retour doit être inférieure à la durée de transmission de la trame la plus courte.



Le temps de propagation calculé étant la somme de tous les retards introduits par les composants et supports (câbles et fibres optiques), cette règle limite le nombre de répéteurs (concentrateurs et émetteurs-récepteurs) ainsi que la longueur totale des câbles et des fibres.

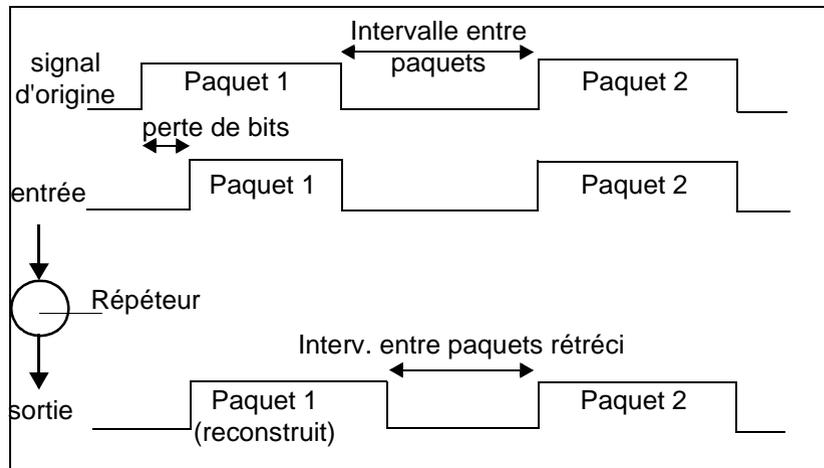
## Règle Ethernet standard 2 : Rétrécissement de l'intervalle entre paquets

### Espacement entre trames

Les standards Ethernet 10/100 Mbit/s spécifient un espacement minimal entre les trames d'une durée de 96 bits. Cet espacement est destiné à fournir un temps de récupération entre les trames pour d'autres sous-couches CSMA/CD et pour le médium physique.

### Rétrécissement de l'intervalle entre paquets

La perte de bits variable (préambule) de deux paquets de données successifs sur le même itinéraire peut entraîner un rétrécissement de l'intervalle entre paquets. Comme un répéteur régénère les bits de préambule perdus de tous les paquets qu'il traite, chaque paquet est totalement reconstruit. Si le premier paquet de données perd davantage de bits de préambule que le paquet suivant, l'intervalle est réduit. Exemple de rétrécissement de l'intervalle entre paquets :



La règle suivante fixe la limite de ce rétrécissement de l'intervalle entre paquets : L'espace entre deux paquets successifs qui ne sont pas en collision peut avoir une valeur minimale de 47 bits à la ligne de réception de l'interface de raccordement de l'ETD. (Std 802.3). Cette règle permet un rétrécissement maximum de  $96 - 47 = 49$  bits.

Le rétrécissement de l'intervalle entre paquets pouvant apparaître à chaque passage par un répéteur, cette règle restreint le nombre de concentrateurs et d'émetteurs-récepteurs entre deux éléments.

## Limites de couches physiques

### Ethernet 10 Mbit/s

Deux couches physiques différentes sont utilisées sur Ethernet 10 Mbit/s Transparent Factory :

- Ethernet 10BaseT, utilisant des câbles à paire torsadée blindés (SFTP) avec des connecteurs RJ45,
- Ethernet 10BaseFL, utilisant une fibre multimode 62,5/125 avec des connecteurs ST.

Les deux couches physiques ont des contraintes physiques qui limitent la longueur du médium.

	Limites Schneider Automation	Limites de la norme 802.3
Longueur maximale d'un câble principal à paire torsadée	100 m	100 m
Longueur maximale d'une fibre optique multimode 62,5/125 nm	3100 m	2000 m

**Note :** Ces limites ne doivent jamais être dépassées.

### Ethernet 100 Mbit/s

Deux couches physiques différentes sont utilisées sur Ethernet 100 Mbit/s Transparent Factory :

- Ethernet 100BaseTx, utilisant des câbles à paire torsadée blindés (SFTP) avec des connecteurs RJ45,
- Ethernet 100BaseFx, utilisant une fibre multimode 62,5/125 avec des connecteurs SC.

Les deux couches physiques ont des contraintes physiques qui limitent la longueur du médium.

	Limites Schneider Automation	Limites de la norme 802.3	
Longueur maximale d'un câble principal à paire torsadée	100 m	100 m	
Longueur maximale d'une fibre optique multimode 62,5/125 nm	412 m	412 m	Semi-duplex
	3000 m	2000 m	Full duplex

**Note :** Ces limites ne doivent jamais être dépassées.

## 5.2 Modèles de calcul dans le domaine Ethernet 10 Mbit/s

---

### Introduction

---

### Présentation

Cette section présente les différents modèles standard de l'Ethernet 10 Mbit/s

---

### Contenu de ce sous-chapitre

Ce sous-chapitre contient les sujets suivants :

Sujet	Page
Modèle Ethernet 1 standard	32
Modèle Ethernet 2 standard	33
Modèle de calcul de Schneider Automation	40

---

---

## Modèle Ethernet 1 standard

---

### Description

Ce modèle est décrit dans le chapitre 13.3 de la norme 802.3 ; il suppose que les composants de communication fonctionnent dans les limites physiques décrites dans le chapitre précédent.

Ce modèle définit des règles simples pour mettre en oeuvre un réseau Ethernet (10 Mbit/s) :

- Le chemin de transmission entre deux ETTD peut comprendre jusqu'à **cinq** segments et **quatre** répéteurs.
- Lorsqu'un chemin de transmission comprend quatre répéteurs et cinq segments, chaque segment individuel en 10BaseFL ne doit pas dépasser 500 m.
- Lorsqu'un chemin de transmission comprend trois répéteurs et quatre segments, les restrictions suivantes s'appliquent :
  - La longueur maximale d'un segment de fibre entre deux répéteurs ne doit pas dépasser 1000 m pour 10BaseFL.
  - La longueur maximale d'un segment de fibre entre un répéteur et un ETTD ne doit pas dépasser 400 m pour 10BaseFL.

**Note** : Sur des segments 10BaseT, la limite physique décrite au paragraphe 5.1.3 doit être appliquée.

**Note** : La norme 802.3 apporte des règles supplémentaires dans le cas de l'utilisation d'autres composants ou médium tels que 10BaseFB, 10BaseFP, AUI, etc. Consultez ce document si nécessaire.

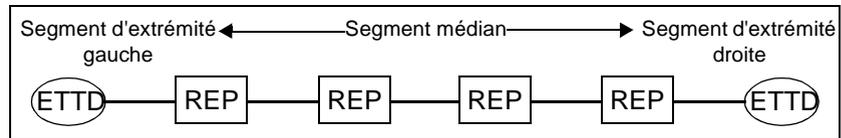
---

## Modèle Ethernet 2 standard

### Description

Le modèle précédent est une approche simpliste qui peut servir de guide pour un premier niveau de conception du réseau.

Le chapitre 13.4 de la norme 802.3 décrit le modèle 2 de transmission qui fournit une description plus précise de la méthode de calcul de la plage réseau maximale. Ce modèle se compose d'une série de segments, dont un segment d'extrémité gauche, des segments médians et un segment d'extrémité droite :



### Conformité avec la règle 1 : calcul de la valeur du retard du chemin (PDV)

La première étape est la sélection du chemin le plus défavorable dans le réseau. Il s'agit du chemin entre deux ETTD ayant le temps aller-retour le plus long.

#### Retard fixe :

Le modèle Ethernet 2 standard définit des valeurs de retard fixe pour chaque type de segment, en fonction de sa position dans ce modèle. Il définit également un retard aller-retour pour chaque mètre de médium (retard AR/m). Chaque retard est spécifié en durée de bit (BT), qui représente 100 ns à 10 Mbit/s.

Type de segment	Longueur maximale	Retard de base d'extrémité gauche	Retard de base de segment médian	Retard de base d'extrémité droite	Retard AR/m
10BaseT	100 m	15,25 BT	42 BT	165 BT	0,113 BT/m
10BaseFL	2000 m	12,25 BT	33,5 BT	156,5 BT	0,100 BT/m

**Note :** 0,113 BT = 11,3 ns/m, ce qui correspond à une vitesse de propagation de 5,65 ns/m.

**Valeur du délai  
d'un segment****Calcul de la SDV :**

Grâce à ce tableau, la valeur du retard de chaque segment (SDV, Segment Delay Value) peut être déterminée par la formule suivante :

$$\text{SDV} = \text{retard de base} + [\text{longueur} * (\text{retard aller-retour/mètre})]$$

Par exemple, la SDV d'un segment d'extrémité droite de 80 m en 10BaseT est :

$$\text{SDV} = 165 \text{ BT} + 80\text{m} * 0,113 \text{ BT/m} = 165 \text{ BT} + 9,04 \text{ BT} = 174,04 \text{ BT}$$

**Valeur du délai  
du chemin****Calcul de la PDV (Path Delay Value):**

La PDV est la somme de toutes les SDV du chemin plus une marge pouvant aller jusqu'à 5 bits.

**Note :** En application de la règle Ethernet 1, la PDV ne doit pas dépasser 575 BT

**Note :** Si un candidat pour le chemin le plus défavorable comprend des segments de différents types, le calcul doit être effectué deux fois, en considérant le premier segment d'extrémité comme l'extrémité gauche, puis l'autre. La PDV sera la valeur maximale obtenue.

**Note :** La norme 802.3 apporte des informations supplémentaires dans le cas de l'utilisation d'autres composants ou médiums tels que 10Base2, 10Base5, AUI, etc. Consultez ce document si nécessaire.

**Conformité avec la règle 2 : Calcul de la valeur de la variabilité du chemin**

**SVV : valeur de variabilité du segment (Segment Variability Value) :**

Le modèle Ethernet 2 standard définit des valeurs de variabilité du segment fixes pour chaque type de segment, en fonction de sa position dans ce modèle.

Type de segment	Transmission d'un segment d'extrémité segment d'extrémité gauche ou droite	Segment médian
10BaseT	10,5 BT	8 BT
10BaseFL	10,5 BT	8 BT

**PVV : valeur de variabilité du chemin (Path Variability Value) :**

Le chemin le moins favorable à travers le réseau doit être identifié (nombre le plus élevé de segments) et sa valeur de variabilité de chemin doit être validée.

Dans ce scénario, le segment d'extrémité de réception n'est pas inclus, si bien que le segment d'extrémité de transmission est le segment d'extrémité ayant la SVV la moins favorable (cela pourrait être le cas avec d'autres couches physiques que celles ci-dessus).

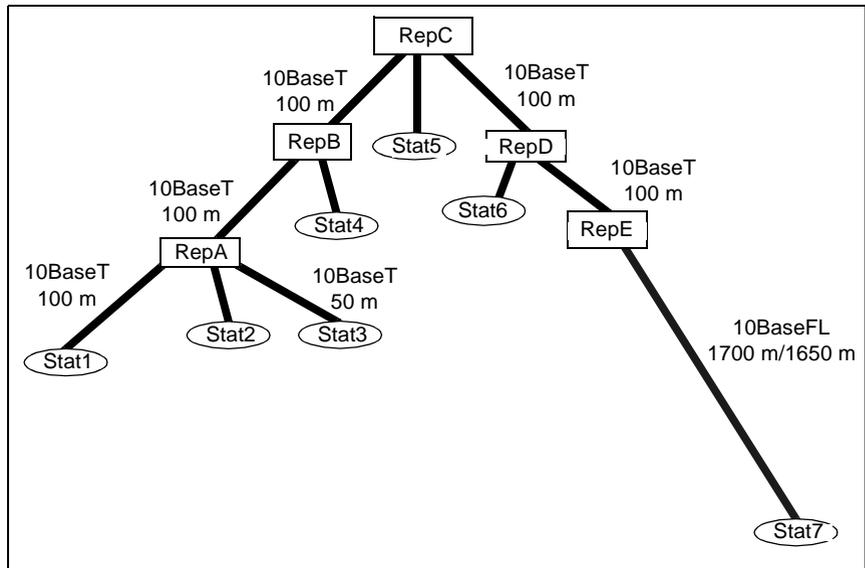
La PVV est la somme de toutes les SVV des segments médians et de la SVV du segment d'extrémité de transmission.

**Note :** En application de la règle Ethernet 2, la **PVV ne doit pas dépasser la durée de 49 bits.**

**Note :** La norme 802.3 apporte des informations supplémentaires dans le cas de l'utilisation d'autres composants ou médiums tels que 10Base2, 10Base5, AUI, etc. Consultez ce document si nécessaire.

**Exemple de calcul avec le modèle 2**

Exemple 1 :



Dans cette architecture, le chemin le plus défavorable se trouve entre la station 1 et la station 7 : il y a 5 répéteurs sur le chemin et la distance totale est de 2200 ou 2150 m.

**Caractéristiques standards** Le premier tableau ci-dessous effectue le calcul de la valeur du retard du chemin et de la valeur de variabilité du chemin lorsque la longueur de la fibre optique entre le répéteur E et la station 7 est de 1700 m.

Type de segment	SDV fixe standard				SVV fixe standard		Longueur maximale
	Retard de base segment d'extrémité gauche	Retard de base segment médian	Retard de base segment d'extrémité droite	Retard AR/m	Segment d'extrémité de transmission	Segment médian	
10BaseT	15,250 BT	42,000 BT	165,000 BT	0,113 BT/m	10,5 BT	8 BT	100 m
10BaseFL	12,250 BT	33,500 BT	156,500 BT	0,100 BT/m	10,5 BT	8 BT	2000 m

Calcul pour l'exemple 1 avec 1700 m entre RepE et Station 7 :

	Calcul de la PDV				Calcul de la PVV		
		Extrémité gauche	Extrémité droite		SVV calculée	SVV du segment	
Première extrémité							
Type	10BaseT	15,250 BT	165,000 BT		10,5 BT	10,5 BT	
Longueur	100 m	11,300 BT	11,300 BT		8 BT	8 BT	
Segment médian 1							
Type	10BaseT	42,000 BT	42,000 BT		8 BT	8 BT	
Longueur	100 m	11,300 BT	11,300 BT				
Segment médian 2							
Type	10BaseT	42,000 BT	42,000 BT		8 BT	8 BT	
Longueur	100 m	11,300 BT	11,300 BT				
Segment médian 4							
Type	10BaseT	42,000 BT	42,000 BT		8 BT	8 BT	
Longueur	100 m	11,300 BT	11,300 BT				
Extrémité finale							
Type	10BaseFL	156,500 BT	12,500 BT		0,0 BT	10,5 BT	
Longueur	1700 m	170,000 BT	170,000 BT				
Marge		5,000 BT	5,000 BT				
						Max =	Longueur totale
	PDV totale	571,250 BT	576,750 BT	575 BT	42,5 BT	49,0 BT	2200 m
		OK	ERREUR		OK		

La conclusion est que cette architecture n'est pas valide : La PVV est correcte et la PDV commençant de la station 1 à la station 7 est également correcte. Mais la PDV de la station 7 à la station 1 dépasse la limite de 575 BT.

En limitant la longueur de la fibre optique à 1650 m, l'architecture devient valide, comme indiqué dans le tableau suivant :

	Calcul de la PDV				Calcul de la PVV		
Première extrémité		Extrémité gauche	Extrémité droite		SVV calculée	SVV du segment	
Type	10BaseT	15,250 BT	165,000 BT		10,5 BT	10,5 BT	
Longueur	100 m	11,300 BT	11,300 BT		8 BT	8 BT	
Segment médian 1							
Type	10BaseT	42,000 BT	42,000 BT		8 BT	8 BT	
Longueur	100 m	11,300 BT	11,300 BT				
Segment médian 2							
Type	10BaseT	42,000 BT	42,000 BT		8 BT	8 BT	
Longueur	100 m	11,300 BT	11,300 BT				
Segment médian 4							
Type	10BaseT	42,000 BT	42,000 BT		8 BT	8 BT	
Longueur	100 m	11,300 BT	11,300 BT				
Extrémité finale							
Type	10BaseFL	156,500 BT	12,500 BT		0,0 BT	10,5 BT	
Longueur	1650 m	165,000 BT	165,000 BT				
Marge		5,000 BT	5,000 BT				
						Max =	Longueur totale
	PDV totale	566,250 BT	571,750 BT	575 BT	42,5 BT	49,0 BT	2150 m
		OK	OK		OK		

**Note :** Cet exemple montre que, dans le cas d'un réseau asymétrique, il est important de calculer la PDV dans les deux sens.

**Note :** Il indique également que le modèle 2 améliore le nombre maximal de répéteurs autorisés, cinq dans cet exemple.

## Modèle de calcul de Schneider Automation

### Présentation

Le modèle de calcul de Schneider Automation est dérivé du modèle Ethernet 2 standard. Il a été optimisé pour calculer un réseau entièrement constitué d'éléments de réseau Schneider Automation. Comme le modèle 2, il inclut tous les éléments de réseau détectés dans le chemin du signal. La forme de la simplification a été modifiée, ce qui permet un calcul plus précis d'une plage réseau maximale, en prenant en compte la haute qualité des composants et les améliorations correspondantes de leurs caractéristiques de transmission.

### Conformité avec la règle Ethernet 1

#### Paramètre équivalent de propagation :

Pour simplifier les calculs de validation d'un domaine 10 Mbit/s, tous les temps de propagation sont spécifiés en distances équivalentes de propagation.

Chaque produit Schneider Automation est donc caractérisé par ce paramètre, comme indiqué dans le tableau suivant :

Caractéristiques du produit			Equivalent de propagation
Concentrateur 4 ports 10BT	499 NEH00410	TP<>TP	190 m
Concentrateur 5 ports BT/FL	499 NOH00410	TP<>TP	190 m
		TP<>FO	360 m
		FO<>FO	260 m
Transceiver TP/FL	499 NTR 00010	TP<>FO	50 m
Équipement terminal de traitement de données		Port TP	140 m

#### Diamètre maximal :

La limite du diamètre d'un domaine Ethernet 10 Mbit/s est fixée à **4520 m**, ce qui correspond à une vitesse de signal de 5,66 ns/m pendant 25,6 s (la moitié du temps de transmission de la trame la plus courte de 512 bits).

La validation consiste à calculer la distance équivalente de propagation d'un chemin en ajoutant tous les éléments traversés :

- Distance équivalente de propagation, qui est la somme du paramètre équivalent de propagation de chaque répéteur, plus la longueur totale des câbles, de la fibre optique, le long du chemin.
- La distance équivalente de propagation d'un chemin dans le même domaine doit être inférieure à 4520 m.

**Conformité avec  
la règle Ethernet  
2**

**Valeur de variabilité :**

Comme dans le modèle Ethernet 2, chaque répéteur peut réduire l'intervalle entre trames ; chaque produit Schneider Automation est donc caractérisé par une valeur de variabilité, conformément au tableau suivant.

Caractéristiques du produit			Equivalent de propagation
Concentrateur 4 ports 10BT	499 NEH00410	TP<>TP	4,0 BT
Concentrateur 5 ports BT/FL	499 NOH00410	TP<>TP	3,0 BT
		TP<>FO	6,0 BT
		FO<>FO	3,0 BT
Transceiver TP/FL	499 NTR 00010	TP<>FO	1,0 BT

En commençant par les 49 BT (durée de bit) autorisés par le modèle Ethernet 2, la valeur de variabilité est diminuée de 9 BT, ce qui correspond à :

- la dérive de l'horloge 2,5 BT
- le retard de démarrage dans le premier ETTD 3,5 BT
- une marge de sécurité 3,0 BT

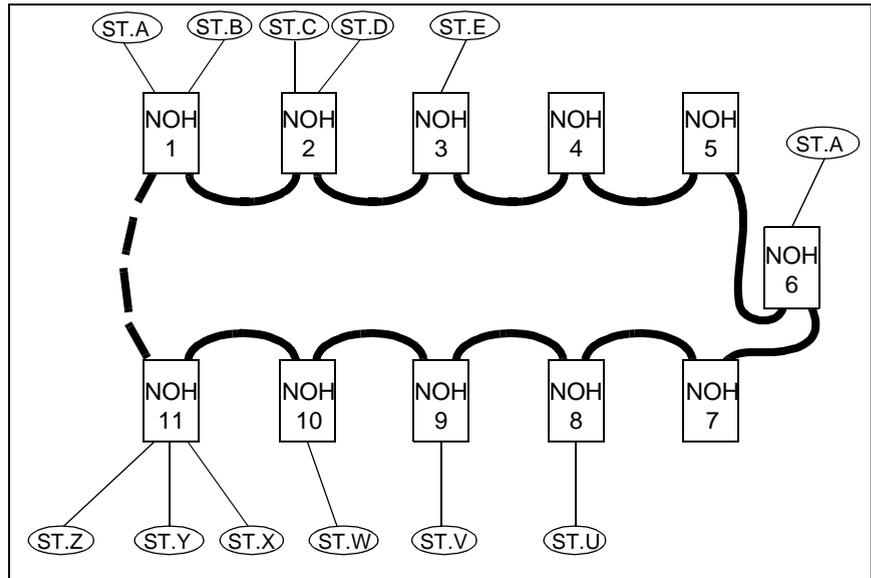
Une valeur de 40 BT reste comme marge pour les autres composants de la transmission dans le chemin du signal.

La valeur de variabilité d'un chemin est la somme des valeurs de variabilité de chaque répéteur le long du chemin.

La valeur de variabilité d'un chemin dans le domaine ne doit pas dépasser 40 BT.

**Validation d'une configuration :**  
**Exemple 1 :**

Cet exemple est la validation du bus optique de 11 concentrateurs 499NOH00510 en cascade qui pourraient être fermés dans un anneau :



**Calcul de validation**

Le chemin le plus défavorable dans ce cas est le chemin entre la station A (ST.A) et la station Z (ST.Z), lorsqu'aucune liaison ne ferme l'anneau.

**Valeurs standards :**

Le tableau ci-dessous indique une méthode de calcul des deux caractéristiques du chemin le plus défavorable : la distance équivalente de propagation et la valeur de variabilité du chemin :

Caractéristiques du produit			Equivalent de propagation	Valeur de variabilité
Concentrateur 4 ports 10 BT	499 NEH 00410	TP<>TP	190 m	4 BT
Concentrateur 5 ports TP/FL	499 NOH 00510	TP<>TP	190 m	3 BT
	499 NOH 00510	TP<>FO	360 m	6 BT
	499 NOH 00510	FO<>FO	260 m	3 BT
Transceiver TP/FL	499 NTR 00010	TP<>FO	50 m	1 BT
Equipement terminal de traitement de données	ETTD	Port TP	140 m	

**Calcul :**

## Détection du chemin le plus défavorable

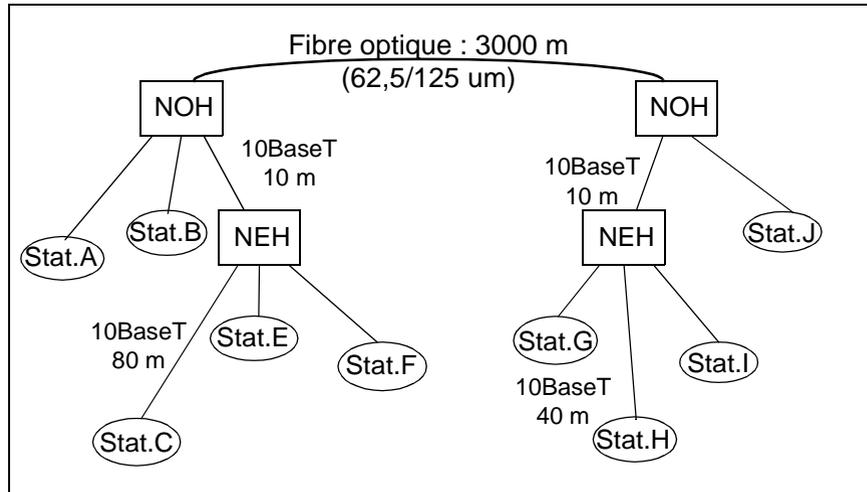
Produit	Type	Equivalent de propagation	Valeur de variabilité	Nbre	Equivalent de propagation	Valeur de variabilité
ETTD	Port TP	140 m	0,0 BT	2	280 m	0,0 T
499 NEH 00410	TP<>TP	190 m	4,0 BT	0	0 m	0,0 T
499 NOH 00510	TP<>TP	190 m	3,0 BT	0	0 m	0,0 BT
499 NOH 00510	TP<>FO	360 m	6,0 BT	2	720	12,0 BT
499 NOH 00510	FO<>FO	260 m	3,0 BT	9	2340	27,0 BT
499 NTR 00010	TP<>FO	50 m	1,0 BT	0	0 m	0,0 BT
	Equivalent de propagation total				3340 m	
		PVV totale (variabilité totale du chemin)				39,0 BT
			Maxima		4520 m	40,0 BT
			Marge		1180 m	1,0 BT

**Note :** le nombre maximum de concentrateurs en cascade est 11.

Ce tableau peut être présenté dans une feuille de calcul simple, les seules entrées étant le nombre de composants sur le chemin. La marge donne la longueur disponible pour les câbles.

**Exemple 2 :**

Cette configuration comprend de la fibre optique :

**Caractéristiques des produits :**

Le chemin le plus défavorable identifié est le chemin entre la station C et la station H ; le tableau ci-dessous décrit entièrement le chemin entre ces deux stations et calcule la distance de propagation totale et la valeur de variabilité du chemin.

Caractéristiques du produit			Equivalent de propagation	Valeur de variabilité
Concentrateur 5 ports TP/FL	499 NOH 00510	TP<->TP	190 m	3 BT
	499 NOH 00510	TP<->FO	360 m	6 BT
	499 NOH 00510	FO<->FO	260 m	3 BT
Transceiver TP/FL	499 NTR 00010	TP<->FO	50 m	1 BT
Equipement terminal de traitement de données	ETTD	Port TP	140 m	

**Calcul :**

## Description du chemin le plus défavorable

Produit	Type	Equivalent de propagation	Valeur de variabilité
ETTD	Port TP	140 m	
Paire torsadée		80 m	
499 NEH 00410	TP<>TP	190 m	4,0 BT
Paire torsadée		10 m	
499 NOH 00510	TP<>FO	360 m	6,0 BT
Fibre optique		3000 m	
499 NOH 00510	TP<>FO	360 m	6,0 BT
Paire torsadée		10 m	
499 NEH 00410	TP<>TP	190 m	4,0 BT
Paire torsadée		40 m	
ETTD	Port TP	140 m	
	Total de câbles	3140 m	
	Total utilisé	4520 m	20,0 BT
	Maxima	4520 m	40,0 BT
	Marge	0 m	20,0 BT

**Exemple 3 :**

Dans cet exemple, nous calculons le nombre maximum de concentrateurs électriques 499NEH00410 pouvant être mis en cascade :

Caractéristiques du produit			Equivalent de propagation	Valeur de variabilité
Concentrateur 4 ports 10 BT	499 NEH 00410	TP<>TP	190 m	4 BT
Concentrateur 5 ports TP/FL	499 NOH 00510	TP<>TP	190 m	3 BT
	499 NOH 00510	TP<>FO	360 m	6 BT
	499 NOH 00510	FO<>FO	260 m	3 BT
Transceiver TP/FL	499 NTR 00010	TP<>FO	50 m	1 BT
Equipement terminal de traitement de données	ETTD	Port TP	140 m	

## Détection du chemin le plus défavorable

Produit	Type	Equivalent de propagation	Valeur de variabilité	Nbr e	Equivalent de propagation	Valeur de variabilité
ETTD	Port TP	140 m	0,0 BT	2	280 m	0,0 BT
499 NEH 00410	TP<>TP	190 m	4,0 BT	10	1900 m	40,0 BT
499 NOH 00510	TP<>TP	190 m	3,0 BT	0	0 m	0,0 BT
499 NOH 00510	TP<>FO	360 m	6,0 BT	0	0	12,0 BT
499 NOH 00510	FO<>FO	260 m	3,0 BT	0	0	27,0 BT
499 NTR 00010	TP<>FO	50 m	1,0 BT	0	0 m	0,0 BT
	Equivalent de propagation total				2180 m	
		PVV totale (variabilité totale du chemin)				40,0 BT
			Maxima		4520 m	40,0 BT
			Marge		2340 m	0,0 BT

Ce calcul montre qu'il est possible de placer 10 concentrateurs 499NEH00410 en cascade et que la distance disponible pour les câbles est de 2340 m. Toutefois, comme toutes les interfaces sont conçues pour de la paire torsadée, la longueur maximale entre deux composants doit être de 100 m. La longueur totale de câble ne doit donc pas dépasser  $11 \times 100 = 1100$  m entre les deux stations d'extrémité.

---

## 5.3 Modèles de calcul dans le domaine Ethernet 100 Mbit/s

---

### Introduction

---

**Présentation** Cette section décrit les différents modèles standard de l'Ethernet 100 Mbit/s

---

**Contenu de ce sous-chapitre** Ce sous-chapitre contient les sujets suivants :

Sujet	Page
Modèle 1 de transmission standard	48
Modèle 2 de transmission standard	49

---

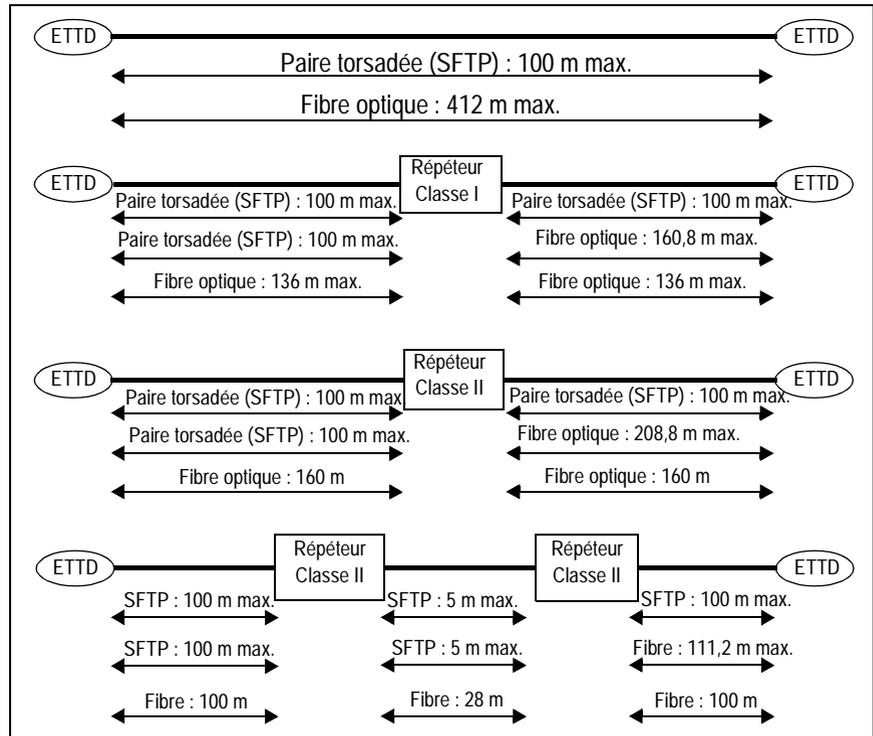
## Modèle 1 de transmission standard

### Topologie et règles

Le standard définit deux types de répéteurs conformes aux règles suivantes :

- un seul répéteur de classe I peut résider dans un même domaine de collision ;
- deux répéteurs de classe II peuvent résider dans un même domaine de collision.

Le modèle 1 de transmission définit les topologies et les règles associées suivantes pour les couches 100BaseTx et 100BaseFx :



## Modèle 2 de transmission standard

### Tableau avec retard du chemin dans le cas le plus défavorable

Ce modèle 2 de transmission a été obtenu à partir du modèle 2 défini pour les domaines 10 Mbit/s et adapté pour le 100 Mbit/s.

Ce modèle fournit un tableau des valeurs maximales des temps de propagation pour les répéteurs et le médium, dans lequel il est possible d'ajouter des paramètres définis par le fabricant.

Retard de composant réseau	Longueur	Temps aller-retour en BT/m	Temps aller-retour maximal en BT
Deux ETTD Tx/Fx			100,00 BT
Câble SFTP	100 m	1,112 BT/m	111,20 BT
Fibre optique	412 m	1,000 BT/m	412,00 BT
Répéteur de classe I			140,00 BT
Répéteur de classe II (port Tx/Fx)			92,00 BT
499NEH04100	Concentrateur 4 ports Tx		92,00 BT
499NTR00100	Transceiver Tx/Fx		84,00 BT

Ce modèle définit une méthode de calcul de la valeur du retard du chemin à travers un réseau dans le cas le plus défavorable et permet ainsi de valider la conformité du réseau par rapport aux règles Ethernet.

Cette méthode est décrite dans le tableau suivant :

Description du chemin le plus défavorable	Longueur	Temps aller-retour en BT/m	Temps aller-retour maximal en BT
Deux ETTD Tx/Fx			100,00 BT
Câble SFTP	50 m	1,112 BT/m	56,60 BT
499NEH04100			92,00 BT
Câble SFTP	10 m	1,112 BT/m	11,12 BT
499NTR00100			84,00 BT
Fibre optique	165 m	1,000 BT/m	165,00 BT
Marge de sécurité			4,00 BT
TOTAUX	225 m		511,72 BT
			OK

## 5.4 Connexion des commutateurs

---

### Connexion des commutateurs

---

**Recommandation**

Lors de la connexion de deux commutateurs, la ligne peut être en duplex et aucune collision n'apparaît sur ce segment. Les règles appliquées dans le domaine de collision ne doivent pas être utilisées et les limites sont définies par la couche physique utilisée.

Par exemple, il est possible de connecter deux commutateurs sur des ports 100BaseFx avec une fibre optique de 3000 m de long.

---

---

# Recommandations de câblage

# 6

---

## Introduction

### Présentation

Ce chapitre présente les recommandations relatives au câblage d'un réseau Ethernet.

### Contenu de ce chapitre

Ce chapitre contient les sous-chapitres suivants :

Sous-chapitre	Sujet	Page
6.1	Règles de base	53
6.2	Règles de câblage	62
6.3	Utilisation des chemins de câbles	66
6.4	Liaisons entre bâtiments	79
6.5	Utilisation de la fibre optique	82

---



---

## 6.1 Règles de base

---

### Règles et précautions

---

**Introduction** Le chapitre suivant décrit les règles et les précautions à prendre pour installer un câblage Ethernet dans des conditions optimales.

---

**Contenu de ce sous-chapitre** Ce sous-chapitre contient les sujets suivants :

Sujet	Page
Présentation	54
Compatibilité Electromagnétique (CEM)	55
Terre et Masses	56
Mode Differentiel et Mode Commun	58
Câblage des masses et du neutre	59
Choix des câbles électriques Transparent Factory	60
Sensibilité des différentes familles de câbles	61

---

## Pésentation

---

### Description

L'installation d'un système Transparent Factory nécessite le respect de quelques précautions. Ce qui suit explique quels câblages choisir, pourquoi, et comment les installer pour obtenir toute satisfaction.

---

### Principes

- Les équipements répondant aux normes industrielles (compatibilité électromagnétique, ou « CEM ») fonctionnent bien de façon autonome.
- Des précautions sont à prendre lorsqu'on connecte des équipements entre eux de manière à ce qu'ils fonctionnent dans leur environnement électromagnétique, conformément à leur destination.

L'utilisation exclusive de câbles isolants à fibres optiques pour Transparent Factory est le moyen de s'affranchir de tout problème de CEM sur ces liaisons

**Note :** Le marquage CE est réglementaire en Europe. Il ne garantit pas à lui seul les performances réelles des systèmes vis-à-vis de la CEM.

---

## Compatibilité Electromagnétique (CEM)

---

### Description

La compatibilité électromagnétique est l'aptitude d'un équipement, ou d'un système, à fonctionner dans son environnement électromagnétique sans engendrer des perturbations électromagnétiques intolérables pour cet environnement ou pour tout équipement voisin.

En cas de problème (incompatibilité EM) les coûts de modification sont rapidement élevés alors que, prises a priori, beaucoup de bonnes options CEM sont gratuites. Evitons les mauvais choix CEM, surtout coûteux !

---

## Terre et Masses

---

### Introduction

Le rôle d'un réseau de terre est d'écouler dans le sol les courants de fuite et de défaut des équipements, les courants de mode commun des câbles extérieurs (énergie et télécoms principalement) et le courant direct de foudre.

---

### Description

Physiquement, une faible résistance (par rapport à une terre lointaine) nous intéresse beaucoup moins que l'équipotentialité locale du bâtiment. En effet les lignes les plus sensibles sont celles qui interconnectent les équipements entre eux. Afin de limiter la circulation de courants de mode commun sur les câbles qui ne sortent pas du bâtiment, il est nécessaire de limiter les tensions entre équipements interconnectés au coeur du site.

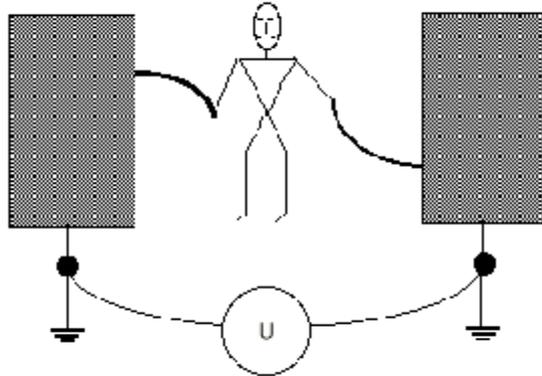
Une masse est toute partie conductrice d'un matériel, accessible au toucher, qui n'est normalement pas sous tension mais peut le devenir en cas de défaut.

	<b>ATTENTION</b>
	<b>Accessibilité simultanée de 2 masses</b> Deux masses simultanément accessibles doivent présenter une tension de contact "U" inférieure à la tension limite conventionnelle de contact (25 ou 50 V selon les cas). <b>Le non-respect de ces précautions peut entraîner des lésions corporelles ou/et des dommages matériels.</b>

---

**Principe**

Fondamentalement rien d'autre n'importe à la sécurité des personnes, et en particulier ni la résistance de terre ni le mode de raccordement des masses à la terre.



Les équipements et systèmes électroniques sont interconnectés. Le meilleur moyen de garantir un bon fonctionnement est de conserver une bonne équipotentialité entre équipements. A la différence de la sécurité des personnes qui est une contrainte BF, l'équipotentialité entre équipements doit rester satisfaisante, surtout pour les équipements numériques, jusqu'à des fréquences très élevées.

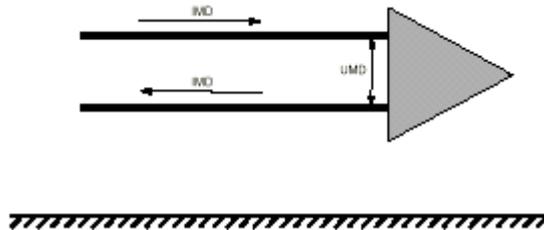
	<b>ATTENTION</b>
	<p><b>Règles de sécurité</b></p> <p>En cas d'incompatibilité, les règles de sécurité priment sur les contraintes de CEM.</p> <p>En cas d'incompatibilité entre les recommandations de ce manuel et les instructions particulières d'un équipement, ce sont ces dernières qui priment.</p> <p><b>Le non-respect de ces précautions peut entraîner des lésions corporelles ou/et des dommages matériels.</b></p>

## Mode Différentiel et Mode Commun

---

**Mode Différentiel** Le **mode différentiel** est la façon normale de transmettre les signaux électriques et électroniques. Les données Transparent Factory sous forme électrique sont transmises en mode différentiel. Le courant se propage sur un conducteur et revient sur l'autre conducteur. La tension différentielle se mesure entre les conducteurs. Lorsque les conducteurs aller et retour sont d'une part côte à côte, comme dans les câbles Transparent Factory, et d'autre part éloignés des courants perturbateurs, **les perturbations de mode différentiel sont généralement négligeables.**

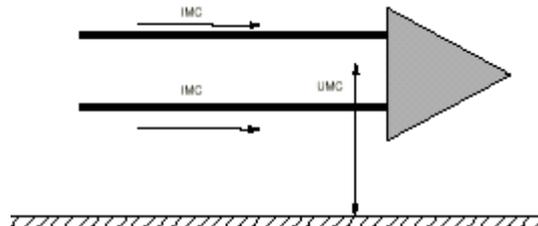
Mode Différentiel



### Mode Commun

Le **mode commun** est un mode parasite dont le courant se propage dans le même sens sur tous les conducteurs et revient par la masse.

Mode Commun



Une masse (un coffret conducteur par exemple) sert de référence de potentiel pour les électroniques, et de retour pour les courants de mode commun. Tout courant, même fort, qui pénètre par un câble, en mode commun dans un équipement isolé des masses, en ressort par les autres câbles, y compris les câbles Transparent Factory lorsqu'il en existe.

---

---

## Câblage des masses et du neutre

---

### Maillage des masses

Lorsque les masses sont mal maillées, un câble supportant un courant de mode commun perturbe tous les autres, donc les câbles électriques Transparent Factory. Le bon maillage des masses réduit ce phénomène.

Aussi bien au niveau des armoires que des machines et des bâtiments, les bonnes méthodes pour câbler les masses et donc les mailler, sont explicitées dans le manuel TSX DG KBL F, à commander séparément.

**Note :** Les perturbations HF conduites en mode commun sur les câbles sont le principal problème en CEM.

### Câblage du neutre

Le schéma de neutre TN-C, en confondant le conducteur neutre (noté N, qui est actif) avec le conducteur de protection (noté PE) permet à de forts courants de circuler à travers les masses.

Le schéma de neutre TN-C est donc néfaste à l'environnement magnétique.

Le schéma de neutre TN-S (avec ou sans protection à courant différentiel résiduel) est très préférable.

**Note :** Cependant les réglementations locales de sécurité doivent toujours être scrupuleusement respectées.

## Choix des câbles électriques Transparent Factory

---

### Câbles blindés

Le choix de la qualité d'écran dépend du type de liaison. SCHNEIDER ELECTRIC définit les câbles pour chaque bus de terrain et chaque réseau local de manière à garantir la compatibilité électromagnétique de l'installation.

Un câble blindé constitue une excellente protection contre les perturbations électromagnétiques, particulièrement hautes fréquences. L'efficacité d'un câble blindé dépend du choix de l'écran et, pour une part plus grande encore, de sa mise en oeuvre.

**Note :** Les câbles Transparent Factory possèdent un feuillard et une tresse.

---

### Câbles à feuillard

Le problème des câbles à feuillard est leur fragilité. L'effet protecteur en HF d'un feuillard est dégradé par les différentes manipulations du câble.

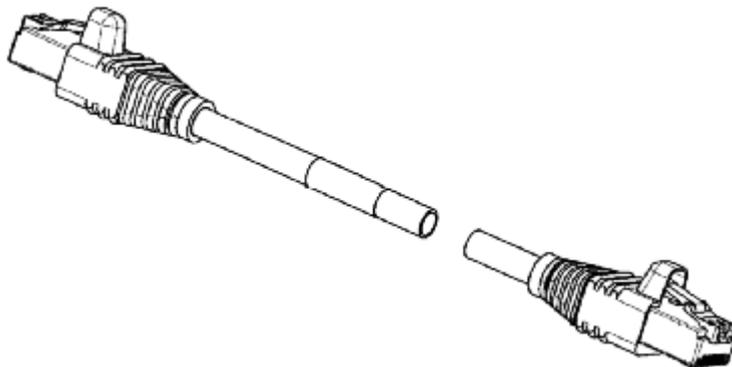
Les tractions et torsions des câbles Transparent Factory doivent donc être réduites au minimum, notamment lors de l'installation.

L'effet protecteur peut atteindre quelques centaines avec une simple tresse à partir de quelques MHz si les connexions de l'écran sont convenables.

**Note :** Le raccordement bilatéral de l'écran aux masses permet de se protéger contre les perturbations les plus sévères.  
C'est pourquoi il est primordial d'équiper correctement à chaque extrémité les câbles blindés Transparent Factory de connectiques RJ45 blindées.

---

Câble à paire torsadée, blindé et à feuillard



## Sensibilité des différentes familles de câbles

### Description

Tableau descriptif

Famille	Câbles	Comportant	Comportement CEM
1	...analogiques	circuits d'alimentation et de mesure des capteurs analogiques	Ces signaux sont sensibles
2	...numériques et télécom	circuits numériques et bus de données, dont Transparent Factory	Ces signaux sont sensibles. Ils sont par ailleurs perturbateurs pour la famille 1 s'ils sont insuffisamment blindés
3	...de relayage	circuits des contacts secs avec risques de réamorçages	Ces signaux sont perturbateurs pour les familles 1 et 2
4	...alimentation	circuits d'alimentation et de puissance	Ces signaux sont perturbateurs

## 6.2 Règles de câblage

---

### Règles à suivre par le monteur

---

**Introduction** Le monteur doit, dans la mesure du possible, respecter les règles suivantes.

---

**Contenu de ce sous-chapitre** Ce sous-chapitre contient les sujets suivants :

Sujet	Page
Première règle de câblage	63
Deuxième règle de câblage	64
Troisième règle de câblage	65

---

## Première règle de câblage

### Principe

**Il est souhaitable de plaquer toute liaison contre des structures équipotielles de masse afin de bénéficier d'un effet protecteur HF.**

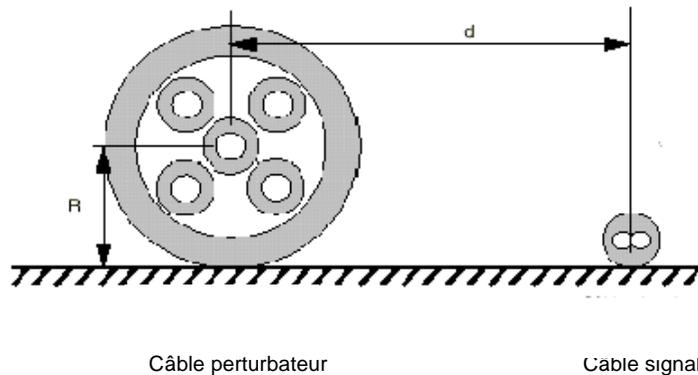
L'utilisation de chemins de câbles conducteurs amène un niveau de protection satisfaisant dans une grande majorité de cas. On veillera au minimum à accompagner les câbles de liaisons inter ou intra bâtiments par une liaison de masse : cablette de terre ou chemin de câbles.

Pour les liaisons internes aux armoires et aux machines, les câbles seront systématiquement plaqués contre la tôle.

Pour conserver un effet protecteur correct, il est conseillé de respecter une distance d'entre câbles supérieure à 5 fois le rayon "R" du plus gros d'entre eux :

$$d > 5R$$

Positionnement des câbles



## Deuxième règle de câblage

---

### Principe

**Seules des paires de signaux analogiques, numériques et de télécommunication peuvent être serrés l'une contre l'autre dans un même faisceau .**

Les circuits de relaying, variateurs, alimentation et puissance seront séparés des paires précédentes.

Attention notamment lors de la mise en oeuvre des variateurs de vitesse à bien séparer les liaisons puissance des liaisons de données.

On réservera, sauf impossibilité, une goulotte aux liaisons puissance , et ceci même dans les armoires.

---

## Troisième règle de câblage

---

### Principe

**Les câbles de puissance n'ont pas besoin d'être blindés s'ils sont filtrés.**

Ainsi, les sorties puissance des variateurs de vitesse doivent être impérativement, soit blindées, soit filtrées.

---

## 6.3 Utilisation des chemins de câbles

---

### Bases

---

**Introduction** Ce chapitre décrit les bases de l'installation des chemins de câbles.

---

**Contenu de ce sous-chapitre** Ce sous-chapitre contient les sujets suivants :

Sujet	Page
Principes généraux d'utilisation de chemins de câbles	67
Modes de vérification de la longueur d'un câble homogène	73
Mode de vérification de la longueur d'un câble hétérogène	75
Autres effets protecteurs	76

---

## Principes généraux d'utilisation de chemins de câbles

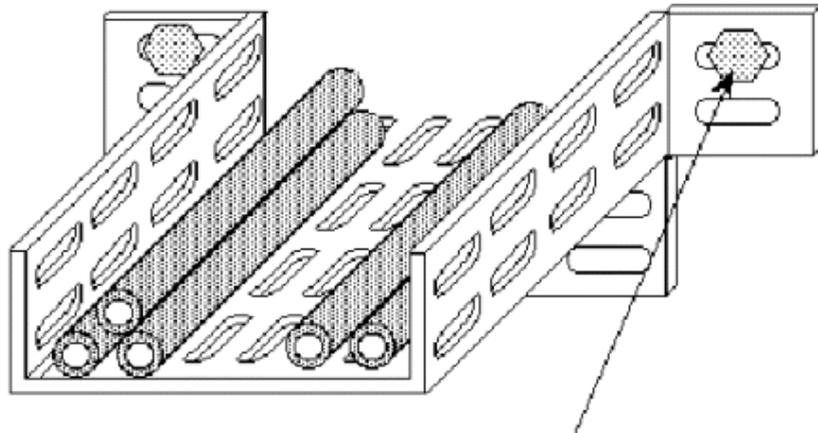
### Chemins de câbles métalliques

A l'extérieur des armoires, au-delà d'une longueur de 3 m, les **goulottes** doivent être **métalliques**. Ces chemins de câbles doivent être en continuité électrique de bout en bout par éclisses ou par clinquants.

Il est très important de réaliser ces raccordements par éclisses ou par clinquants plutôt que par de la tresse et à fortiori du conducteur rond. Ces chemins de câbles doivent être raccordés, de la même façon, à la masse des armoires et des machines, après grattage éventuel des peintures pour assurer le contact.

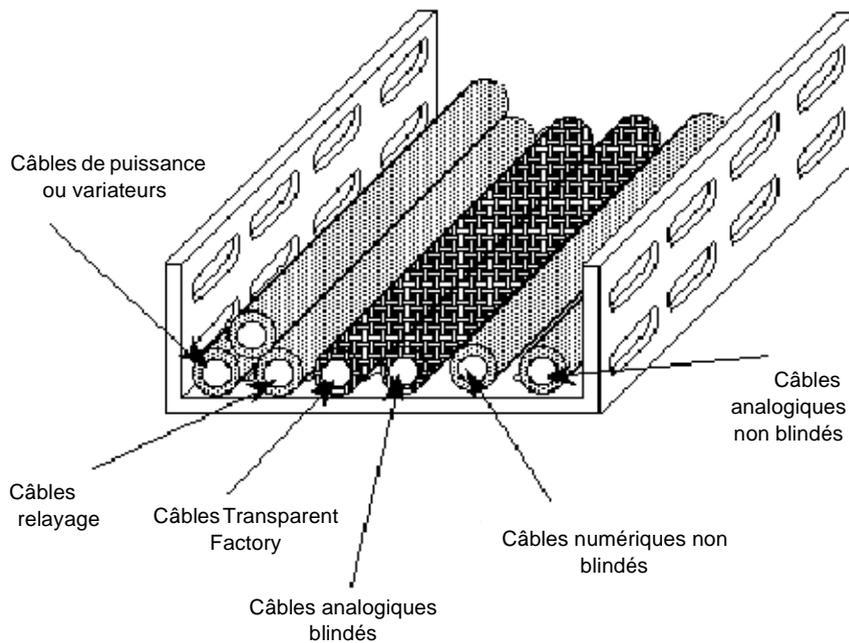
Le câble d'accompagnement ne sera utilisé que dans les cas où toute autre solution n'est pas réalisable.

Exemple d'utilisation d'une goulotte métallique



Toutes les fixations doivent être réalisées avec contact électrique: GRATTER la peinture

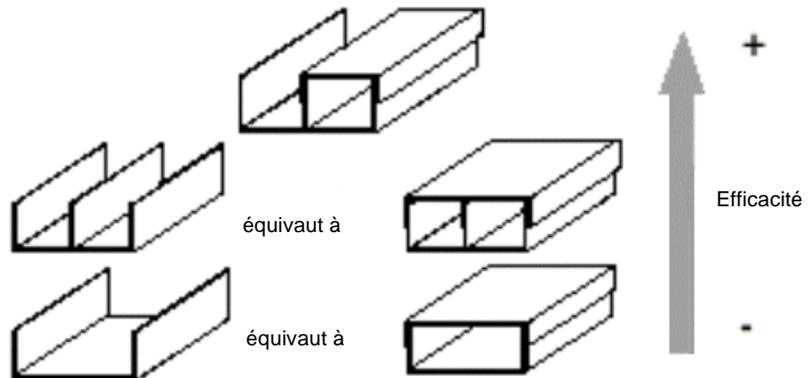
Les câbles non blindés doivent être fixés dans les coins des goulottes comme indiqué dans la figure ci-dessous.



## Evolutions futures

Attention aux évolutions futures. Une séparation verticale dans la goulotte permet d'éviter le mélange des câbles incompatibles. Un capot métallique sur la demi goulotte signaux est souhaitable. Il est à noter qu'un capot métallique global sur la goulotte n'améliore pas la CEM.

Efficacité des divers types de goulottes



## Cas du TF Ethernet

Pour TF Ethernet, comme pour chaque réseau de communication, une première limite maximale de **longueur de segment (sans répéteur)** doit être respectée. Cette limite, égale à **100 mètres**, ne peut être atteinte que si les conditions d'installation sont satisfaisantes vis à vis de la CEM (notamment : câbles posés dans des goulottes métalliques en continuité électrique de bout en bout, réunies au maillage des masses et à la terre).

Il y a donc lieu de définir une **longueur théorique maximale** de compatibilité électromagnétique. Cette seconde limite est théorique, sert à optimiser les conditions d'installation et doit être respectée **en même temps** que la limite précédente.

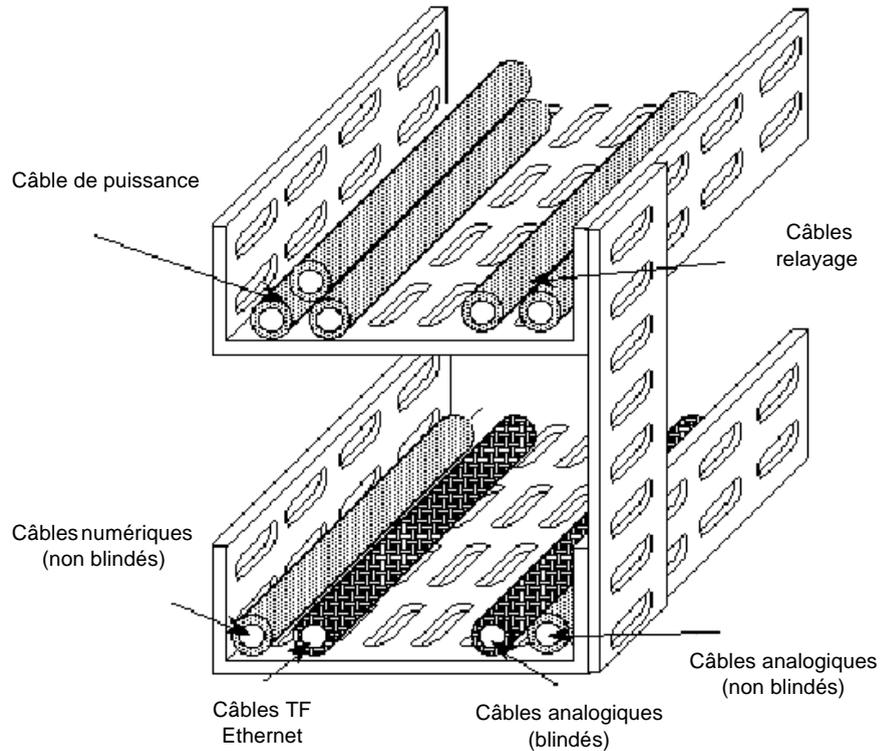
**La longueur théorique CEM est de 400 mètres pour TF Ethernet.**

**Séparation des câbles en fonction de leur type**

On utilisera, sauf impossibilité, **deux goulottes métalliques**

- : une réservée à la puissance, relayage et variateurs
- la seconde aux câbles signaux (capteurs, données, télécoms...).

Ces deux goulottes peuvent se toucher si leur longueur est inférieure à 30 m. De 30 à 100 m on les séparera de 10 cm, indifféremment côte à côte ou superposées  
Exemple d'installation avec 2 goulottes



Ces limites particulières sont toutes issues de la même Longueur Théorique CEM, ou " LTC " .

Atteindre cette LTC suppose que les deux conditions optimales suivantes sont remplies:

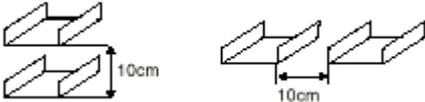
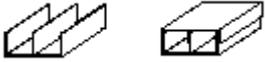
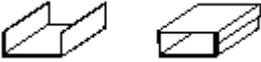
- une seconde goulotte, éloignée de 30 cm au minimum, est réservée aux câbles de puissance et de relayage,
- les goulottes ne sont pas remplies à plus de 50% de leur capacité.

**Coefficient Ki**

Selon le type de réseau de communication cette valeur peut être différente.

- Chaque fois que l'une des 2 conditions n'est pas remplie de bout en bout, et pour respecter la compatibilité électromagnétique, la longueur physique de goulotte doit être affectée d'un coefficient. Ces coefficients  $K_i$ , définis dans le tableau ci-après, mesurent la diminution de l'effet protecteur. La longueur autorisée qui en résulte sera alors inférieure à la LTC.
- De même, dans le cas de goulotte unique pour câbles de puissance et de signal, le coefficient tiendra compte le cas échéant des absences de toute séparation métallique ou de couvercle métallique sur la demi-goulotte signal.

Tableau récapitulatif

Symbole	Condition	Illustration	Coefficient	Longueur totale (1)
			$K_i$	LTC x 1/ $K_i$
K50	Goulotte unique remplie à 50% ou davantage		2	200
K10	Goulottes proches de 10 cm (au lieu de 30 cm)		2	200
K6	Goulotte unique ou 2 goulottes jointives avec séparation et couvercle sur 1/2 goulotte signal		4	100
K8	Goulotte unique ou 2 goulottes jointives sans couvercle sur 1/2 goulotte signal		6	100
K0	Goulotte unique ou 2 goulottes jointives sans séparation		12	30

(1) Longueur totale maximale si c'est l'unique condition défavorable (avec LTC = 400m)

## Modes de vérification de la longueur d'un câble homogène

---

### Introduction

Il existe deux modes d'utilisation des coefficients  $K_i$ .

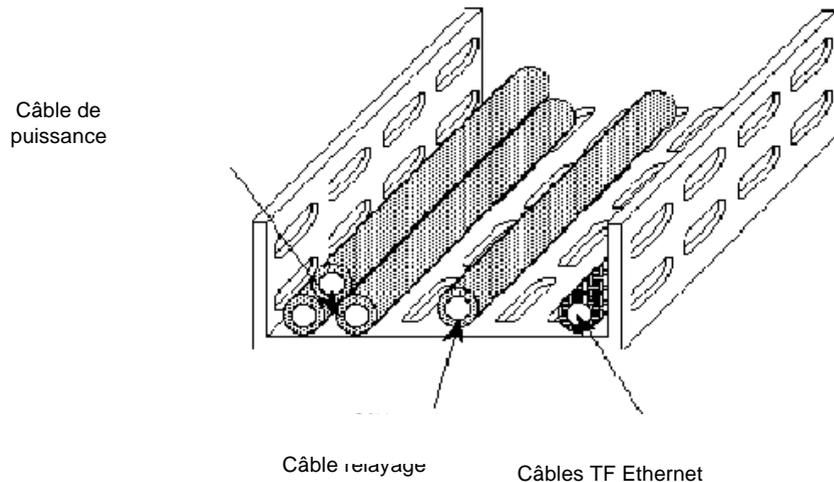
- Pour obtenir la longueur physique autorisée, on part de la LTC et on la divise par  $K_i$ , (exemples 1 et 2 ci-après).
  - A l'inverse lorsque l'on s'impose les longueurs physiques, en les multipliant par  $K_i$  on compare le résultat à la LTC pour vérifier si l'on est conforme aux exigences CEM (exemples 3, 4 et 5).
- 

### Exemple 1: Liaisons Transparent Factory inférieures à 30m, sans câble analogique

Les câblages peuvent alors être réalisés dans un chemin métallique unique (pour LTC = 400 m ou plus).

En effet, sous réserve que la goulotte ne soit pas remplie à plus de 50% (Attention aux évolutions futures!), seul le coefficient  $K_0$  est alors à prendre en compte, ce qui donne la longueur maximale 400 m : 12 = 30 m.

Les câbles de puissance et les liaisons numériques blindées seront fixés dans les coins de la goulotte comme indiqué dans la figure ci-dessous:



**Exemple 2:**  
**Liaisons**  
**Transparent**  
**Factory**  
**inférieures à**  
**100m, sans câble**  
**analogique**

Dès que la longueur calculée dans une condition d'installation est insuffisante (30 m dans le premier exemple) il est nécessaire d'améliorer la configuration sur l'aspect CEM.

Une séparation verticale dans la goulotte permet d'éviter le mélange des câbles incompatibles. Un capot métallique sur la demi-goulotte des câbles signaux limite le parasitage des signaux.

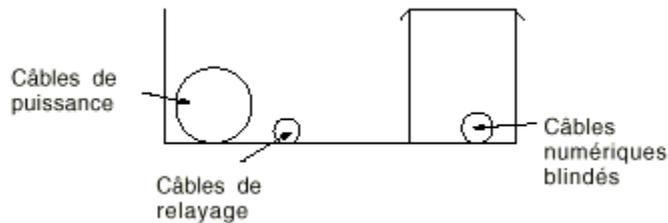
C'est pourquoi la valeur du coefficient passe alors de 12 (=K0) à seulement 4 (=K6), ce qui donne (avec LTC = 400 m) la longueur maximale:  $LTC / 4 = 100$  m.

Les conditions CEM à respecter sont alors:

- chaque demi-goulotte est - au maximum - remplie à 50%,
- la séparation est métallique et au contact de la goulotte sur toute sa longueur,
- le capot est en contact sur toute la longueur avec la séparation.

**Note :** Attention aux évolutions futures.

Illustration



**Exemple 3:**  
**Projet de pose de**  
**30m de câble**  
**Transparent**  
**Factory**

Il est prévu de le poser dans une goulotte unique sans séparation remplie à 70%, en présence d'un câble de puissance et d'un câble analogique.

Cette condition d'installation, d'après le tableau des symboles  $K_i$ , est affectée par deux coefficients:  $K_0$  (=12) et  $K_{20}$  (=2); il faut donc multiplier la longueur physique par 2 et par 12.

Le résultat 720 m ( $30 \text{ m} \times 24$ ) étant supérieur à  $LTC = 400$  m, la longueur 30 m ainsi installée ne sera pas conforme aux exigences CEM. L'exemple 4 (§ suivant) explique une solution possible.

## Mode de vérification de la longueur d'un câble hétérogène

### Introduction

Lorsque les conditions d'installation sont multiples sur la longueur d'un chemin de câble, chaque longueur physique d'un même type de pose est à multiplier par les coefficients concernés suivant les mêmes règles que ci-dessus.

La somme des différents résultats doit rester inférieure à LTC (Transparent Factory).

### Exemple 4: Nouveau projet de pose de 30m de câble Transparent Factory

Le câble signal de l'exemple 3 est posé sur 10 m suivant le type de pose ci-dessus; les 20 m restants sont posés dans une goulotte distincte de celle de puissance, mais placée à 10 cm de la première.

Table de calcul

Longueur concernée	Coefficients Ki concernés	Calculs	Résultats
10 m	K0 (=12) et K50 (=2)	10 m x 24	240 m
20 m	K10 (=2) et K50 (=2)	20 m X 4	80 m
<b>Total (30 m)</b>		240 m + 80 m	<b>320 m</b>

Le résultat 320 m étant maintenant inférieur à LTC = 400 m, la longueur 30 m installée sera conforme aux exigences CEM.

### Exemple 5: Pose d'un câble FIP sur 1000 m

La documentation du système indique que la première limite est respectée, à condition de n'utiliser que du câble principal (1 paire 150 Ohms de jauge importante) soit utilisé.

La valeur de LTC est pour cette technologie de 2000 m.

Supposons que les 2 conditions optimales soient respectées sur 700 m et que, sur le reste de la longueur la goulotte puissance soit:

- remplie à plus de 50%,
- et distante seulement de 10 cm de la goulotte signal.

Table de calcul

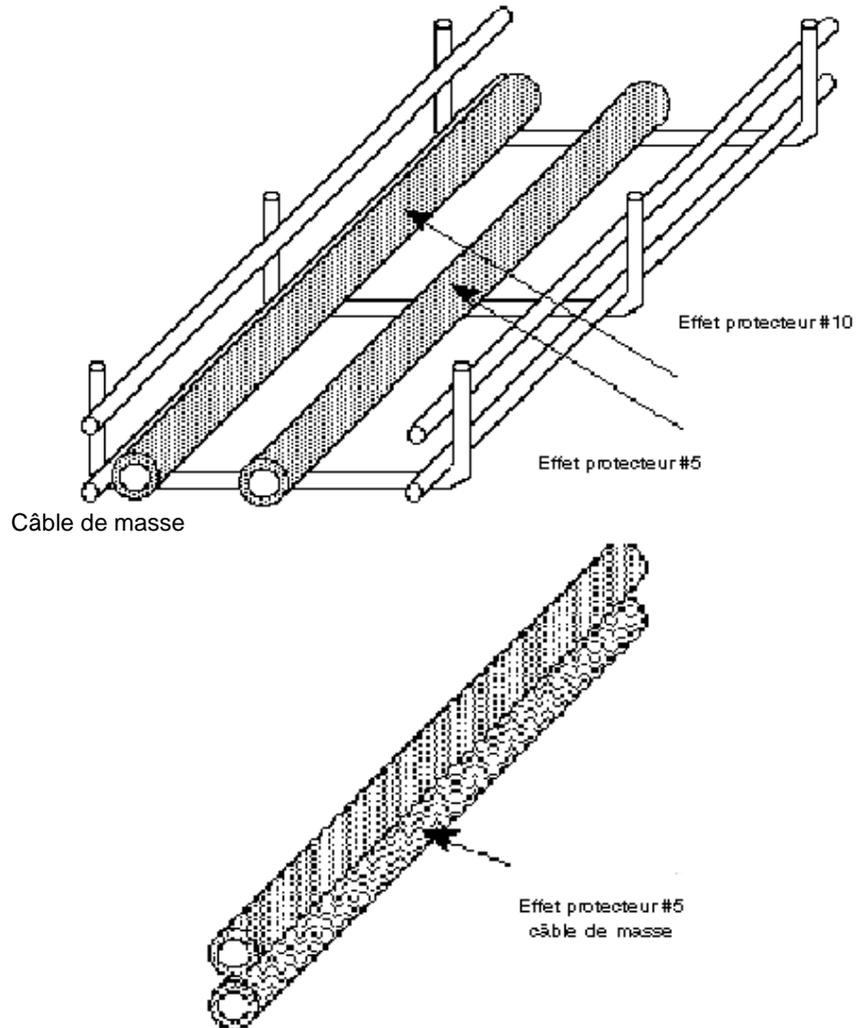
Longueur concernée	Coefficients Ki concernés	Calculs	Résultats
700 m	aucun		700 m
300 m	K50 (=2) et K10 (=2)	300 m X 4	1200 m
<b>Total (1000 m)</b>		700 m + 1200 m	<b>1900 m</b>

Le résultat 1900 m étant inférieur à LTC = 2000 m, la longueur installée sera conforme aux exigences CEM et seule la contingence précédente subsiste (pas de paire de faible jauge).

## Autres effets protecteurs

### Introduction

L'effet protecteur d'un chemin de câbles est d'environ 50 entre 1 MHz et 100 MHz. Dans le cas où l'on ne peut pas utiliser ce type de matériel, d'autres effets protecteurs sont possibles. Les chemins de câbles en fils soudés "cablofils" sont moins efficaces et souvent plus coûteux que les goulottes en tôle. Cablofil



## 6.4 Liaisons entre bâtiments

---

### Introduction

---

#### Présentation

Ce chapitre indique les précautions et recommandations concernant le câblage entre bâtiments.

**Note** : Il est vivement recommandé d'utiliser du câble en fibre optique pour les liaisons de données et donc pour Transparent Factory entre les bâtiments. Ce type de liaison est utilisé pour éliminer des problèmes de boucle entre les bâtiments.

---

#### Contenu de ce sous-chapitre

Ce sous-chapitre contient les sujets suivants :

Sujet	Page
Câblage des liaisons électriques	80
Protection des pénétrations	81

---

---

## Câblage des liaisons électriques

---

### Principe

Les liaisons inter-bâtiments présentent deux particularités induisant des risques pour l'installation :

- la mauvaise équipotentialité entre masses des installations,
- les grandes surfaces de boucles entre les câbles de données et les masses.

**Note :** Avant l'installation et le raccordement d'un câble de données entre deux bâtiments, il est impératif de vérifier que les deux prises de terre des bâtiments sont interconnectées.

Toutes les masses simultanément accessibles doivent être raccordées à une même prise de terre (ou au moins à un ensemble de prises de terre interconnectées). Cette contrainte est fondamentale pour la sécurité des personnes.

Le second risque lié aux liaisons inter-bâtiments est la surface de boucle comprise entre les câbles de données et les masses.

Cette boucle est particulièrement critique en cas de foudroiement indirect du site. Les surtensions induites dans ces boucles lors d'un impact de foudre indirect sont le l'ordre de la centaine de Volts par mètre carré.

**Note :** Afin de limiter ce risque, tout cheminement de câble entre deux bâtiments doit être doublé par une liaison équipotentielle de forte section (»35 mm<sup>2</sup>).

---

## Protection des pénétrations

---

### Principe

Les courants de mode commun provenant de l'extérieur doivent être évacués au réseau de terre à l'entrée du site pour limiter les tensions entre équipements.

**Note :** Toute canalisation conductrice (câble conducteur, tuyauterie conductrice ou tuyauterie isolante qui véhicule un fluide conducteur) entrant dans un bâtiment doit être raccordée à la terre à l'entrée de celui-ci et au plus court.

Sur les arrivées d'énergie, de télécommunications et câbles de signaux (de données, alarmes, contrôles d'accès, surveillance vidéo, ...), on placera des parasurtenseurs en entrée de bâtiments. L'efficacité de tels dispositifs est en grande partie conditionnée par leur installation.

Les parasurtenseurs (varistances, éclateurs, etc.) seront connectés directement à la masse du tableau électrique ou des équipements qu'ils protègent. Un raccordement du parasurtenseur uniquement à la terre (au lieu de la masse) est inefficace.

Dans la mesure du possible, les tableaux où sont installés les protections énergie, télécommunications et signaux seront placés à proximité d'une barrette de terre.

---

---

## 6.5 Utilisation de la fibre optique

---

### Choix et montage de la fibre optique

---

**Introduction** Ce chapitre fournit les recommandations nécessaires pour le choix des fibres optiques.

---

**Contenu de ce sous-chapitre** Ce sous-chapitre contient les sujets suivants :

Sujet	Page
Choix du type de connexion optique	83
Mise en place des cordons optiques	84

---

## Choix du type de connexion optique

---

### Choix des fibres optiques

Schneider Electric propose des équipements Transparent Factory avec des ports optiques : modules, hubs et switches. Le point commun de ces équipements est de permettre des liaisons sur **fibres multimodes en silice**. Chaque liaison optique nécessite deux fibres.

Ces fibres doivent être, de bout en bout, de type **62.5/125** et spécifiées pour permettre la communication aux longueurs d'onde **850 nm et 1300 nm**.

---

### Choix des câbles optiques

Le câble doit comporter au minimum le nombre et la qualité de fibres tel qu'il est expliqué au paragraphe précédent. Il peut, de plus, comporter d'autres fibres ou conducteurs électriques.

Sa **protection** doit être compatible avec ses conditions de pose.

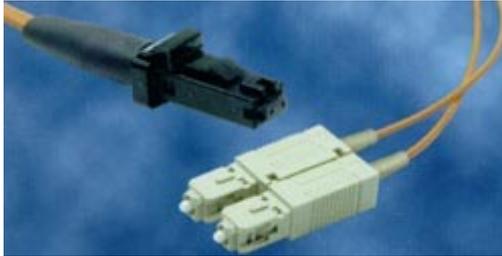
---

## Mise en place des cordons optiques

### Définition

Les cordons optiques nécessaires à connecter les modules, hubs et switches TF Ethernet sont proposés en longueur de 5 mètres, avec les options de connecteurs optiques adéquates.

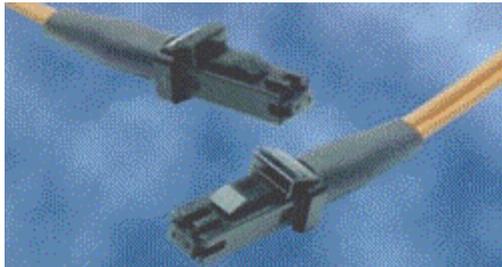
MT-RJ / SC duplex optical patch (490NOC00005)



MT-RJ / ST optical patch (490NOT00005)



MT-RJ / MT-RJ optical patch (490NOR00005)



**Deux précautions importantes** sont à prendre par l'installateur et l'utilisateur :

- 1. Ne pas plier ces cordons (**le rayon minimum à respecter est de 10 cm**).
- 2. N'exercer que le **minimum de traction et de torsion** sur le câble et ses connecteurs.

Par contre, **aucune distance minimale** n'est à respecter entre un câble optique et tout câble ou équipement perturbateur. Le cas particulier des forts rayonnements ionisants sort du cadre de ce manuel.

