

T.P. numéro 2 :

Transmission d'un signal par un câble coaxial.

Buts du TP : le but de ce second TP est d'étudier la transmission d'un signal rectangulaire à travers un câble coaxial. On prendra d'abord un câble de 1,5 m et on montrera qu'il n'y a pas de différence avec système à deux fils. Puis on étudiera le système composé de 100 m de câble, en particulier le phénomène de réflexion au bout du câble.

I – Comparaison entre câble coaxial et système à deux fils.

On commencera par lire attentivement l'annexe donnant la composition des systèmes de transmission basés sur un câble coaxial et sur un système à deux fils.

Citez alors deux avantages de chaque mode de transmission :

Avantages de la transmission par câble coaxial :

-
-

Avantages de la transmission par un système à deux fils :

-
-

On considère la transmission d'un signal particulier : signal carré d'amplitude 2 V, de fréquence $f = 300$ kHz et de rapport cyclique aussi petit que possible.

Générer ce signal avec le GBF et envoyer le résultat de la transmission de ce signal sur l'oscillo avec :

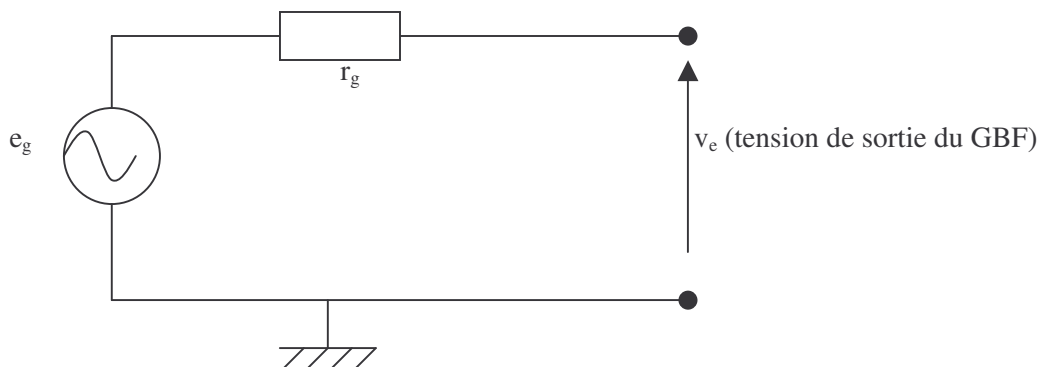
En voie 1 : transmission par un câble coaxial de 1,5 m.

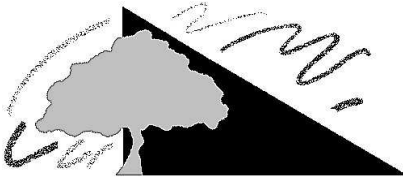
En voie 2 : transmission par deux fils de cuivre de même longueur.

Y-a-t-il une différence ?

II – Mesure de la résistance de sortie du GBF utilisé.

On veut remplacer le GBF par son modèle équivalent de Thévenin, à savoir :





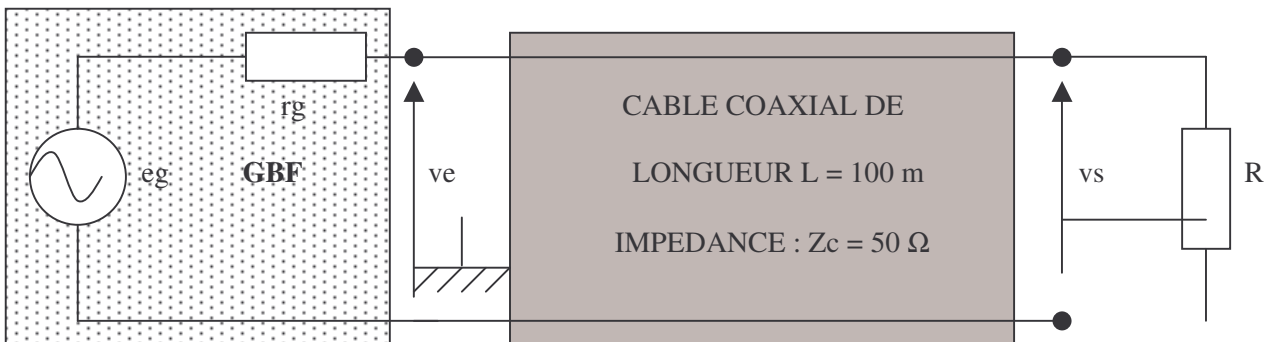
On veut mesurer la résistance de sortie du GBF, à savoir r_g .
Si on place une résistance R à la sortie du GBF, que vaudra v_e en fonction de e_g , r_g et R ?

On appelle V_{e0} l'amplitude de la tension v_e lorsque $R = \infty$.
Que vaut V_{e0} d'après la formule précédente ?
Mesurer V_{e0} si v_e est une tension sinusoïdale de fréquence $f = 1$ kHz. (bouton d'amplitude au milieu environ)
Que vaut V_e , amplitude de la tension v_e , si $R = r_g$ d'après la théorie ?
Placer alors pour R un potentiomètre de 220Ω et mesurer alors r_g en essayant d'obtenir $V_e = V_{e0} / 2$.

Que vaut r_g d'après le constructeur du GBF ? Est-ce en concordance avec ce que vous trouvez ?

III – Mesures sur le système de transmission : 100 m de câble coaxial.

Lire l'annexe 2 sur la transmission d'un signal par un câble coaxial.
Le schéma expérimental sera le suivant :



Exprimer le coefficient de réflexion p_e à l'entrée de la ligne en fonction de r_g et de Z_c . Que vaut-il ici ?

Exprimer le coefficient de réflexion p_s en sortie de la ligne en fonction de R et de Z_c .

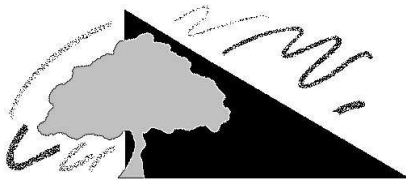
Que vaut p_s si :

- $R = 50 \Omega$: $p_s =$
- $R = \infty$: $p_s =$
- $R = 0 \Omega$: $p_s =$

Dessiner alors sur l'annexe 3 les deux ondes de tensions v_e et v_s pour les trois cas précédents, si on ne tient pas compte de l'affaiblissement. Expliquer pour chaque cas vos chronogrammes.

Faire ensuite les trois expériences précédentes et imprimer les trois chronogrammes de v_e et de v_s .
Sur ces trois chronogrammes, mesurer le temps de retard Δt de l'onde incidente par rapport à l'onde réfléchie. En déduire la vitesse v de l'onde électromagnétique dans le câble coaxial et comparer cette vitesse avec la vitesse de la lumière.

Mesurer également à l'aide de l'expérience de votre choix le coefficient d'affaiblissement β et confirmer sa valeur à l'aide des deux autres expériences.



Annexe 1: différents type de câblage.

Les différents types de câblage

Pour relier les diverses entités d'un réseau, plusieurs supports physiques de transmission de données peuvent-être utilisés. Une de ces possibilités est l'utilisation de câbles. Il existe de nombreux types de câbles, mais on distingue généralement:

- [Le câble de type coaxial](#)
- [La double paire torsadée](#)
- [La fibre optique](#)

I - Le câble coaxial

I – 1) Présentation du câble coaxial.

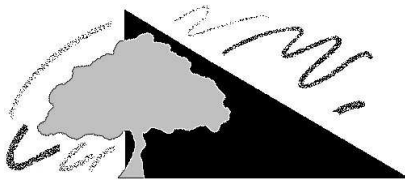
Le câble coaxial (en anglais *coaxial cable*) a longtemps été le câblage de prédilection, pour la simple raison qu'il est peu coûteux et facilement manipulable (poids, flexibilité, ...).

Un câble coaxial est constitué d'une partie centrale (appelée *âme*), c'est-à-dire un fil de cuivre, enveloppé



dans un isolant, puis d'un blindage métallique tressé et enfin d'une gaine extérieure.

- **La gaine** permet de protéger le câble de l'environnement extérieur. Elle est habituellement en caoutchouc (parfois en Chlorure de polyvinyle (PVC), éventuellement en téflon)
- **Le blindage** (enveloppe métallique) entourant les câbles permet de protéger les données transmises sur le support des parasites (autrement appelé bruit) pouvant causer une distorsion des données.
- **L'isolant** entourant la partie centrale est constitué d'un matériau diélectrique permettant d'éviter tout contact avec le blindage, provoquant des interactions électriques (court-circuit).
- **L'âme**, accomplissant la tâche de transport des données, est généralement composée d'un seul brin en cuivre ou de plusieurs brins torsadés.



Grâce à son blindage, le câble coaxial peut être utilisé sur des longues distances et à haut débit (contrairement à un câble de type paire torsadée), on le réserve toutefois pour des installations de base.

A noter qu'il existe des câbles coaxiaux possédant un blindage double (une couche isolante, une couche de blindage) ainsi que des câbles coaxiaux à quadruple blindage (deux couches isolantes, deux couches de blindage).

I – 2) Les deux types de câbles coaxiaux.

On distingue habituellement **deux types de câbles coaxiaux**:

- Le **10Base2 - câble coaxial fin** (appelé *Thinnet*, traduisez *réseau fin* ou encore *CheaperNet*, traduisez *réseau plus économique*) est un câble de fin diamètre (6mm), de couleur blanche (ou grisâtre) par convention. Très flexible il peut être utilisé dans la majorité des réseaux, en le connectant directement sur la carte réseau. Il permet de transporter un signal sur une distance d'environ 185 mètres sans affaiblissement. Il fait partie de la famille des RG-58 dont l'impédance (la résistance) est de 50 ohms. On distingue les différents type de câbles coaxial fin selon la partie centrale du câble (âme).

Câble	Description
RG-58 / U	Brin central constitué d'un unique toron de cuivre
RG-58 A/U	Torsadé
RG-58 C/U	Version militaire du RG-58 A/U
RG-59	Transmission à bande large (Télévision par câble)
RG-6	Diamètre plus large, conseillé pour des fréquences plus élevée que RG-59
RG-62	Réseau Arcnet

- Le **10Base5 - câble coaxial épais** (en anglais *Thicknet* ou *Thick Ethernet* et également appelé *Yellow Cable*, en raison de sa couleur jaune conventionnelle) est un câble blindé de plus gros diamètre (12 mm) et de 50 ohms d'impédance. Il a longtemps été utilisé dans les réseaux, ce qui lui a valu l'appellation de « Câble Ethernet Standard ». Etant donné que son âme a un plus gros diamètre, la distance susceptible d'être parcourue par les signaux est grande, cela lui permet de transmettre sans affaiblissement des signaux sur une distance atteignant 500 mètres (sans réamplification du signal). Sa bande passante est de 10 Mbps Il est donc employé très souvent comme câble principal (backbone) pour relier des petits réseaux dont les ordinateurs sont connectés avec du Thinnet. Toutefois, étant donné son diamètre il est moins flexible que le thinnet

Transceiver: La connexion entre Thinnet et Thicknet

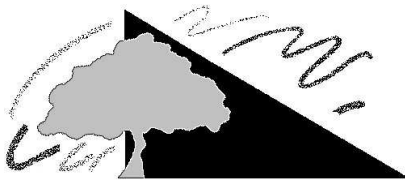
La connexion entre Thinnet et Thicknet se fait grâce à un **transceiver**. Il est muni d'une prise dite "*vampire*" qui effectue la connexion physique réelle à la partie centrale du Thinnet en transperçant l'enveloppe isolante. Le câble du transceiver (*drop cable*) est branché sur un connecteur **AUI** (*Attachment Unit Interface*) appelé également connecteur **DIX** (Digital Intel Xerox) ou connecteur **DB 15** (*SUB-D 15*).

Les connecteurs pour câble coaxial

Thinnet et Thicknet utilisent tous deux des connecteurs **BNC** (*Bayonet-Neill-Concelman* ou *British Naval Connector*) servant à relier les câbles aux ordinateurs.

Dans la famille BNC, on trouve :

- **Connecteur de câble BNC** : il est soudé ou serti à l'extrémité du câble
- **Connecteur BNC en T** : il relie la carte réseau des ordinateurs au câble du réseau
- **Prolongateur BNC** : il relie deux segments de câble coaxial afin d'obtenir un câble plus long.



- **Bouchon de terminaison BNC** : il est placé à chaque extrémité du câble d'un réseau en Bus pour absorber les signaux parasites. Il est relié à la masse. Un réseau bus ne peut pas fonctionner sans. Il serait mis hors service.

II - Câblage à paire torsadée

II 1) – Présentation de la paire torsadée

Dans sa forme la plus simple, le câble à paire torsadée (en anglais *Twisted-pair cable*) est constitué de deux brins de cuivre entrelacés en torsade et recouverts d'isolants.

On distingue généralement deux types de paires torsadées :

- les paires blindés (**STP** : Shielded Twisted-Pair)
- les paires non blindés (**UTP** : Unshielded Twisted-Pair).

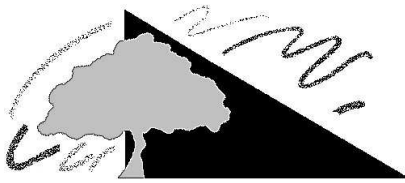
Un câble est souvent fabriqué à partir de plusieurs paires torsadées regroupées et placées à l'intérieur du gaine protectrice. L'entrelacement permet de supprimer les bruits (interférences électriques) dus aux paires adjacentes ou autres sources (moteurs, relais, transformateur).

La paire torsadée est donc adaptée à la mise en réseau local d'un faible parc avec un budget limité, et une connectique simple. Toutefois, sur de longues distances avec des débits élevés elle ne permet pas de garantir l'intégrité des données (c'est-à-dire la transmission sans perte de données).

II - 2) La paire torsadée non blindée (UTP)

Le câble UTP obéit à la spécification 10baseT. C'est le type de paire torsadée le plus utilisé et le plus répandu pour les réseaux locaux. Voici quelques caractéristiques :

- Longueur maximale d'un segment : 100 mètres
- Composition : 2 fils de cuivre recouverts d'isolant
- Normes UTP : conditionnent le nombre de torsions par pied (33cm) de câble en fonction de l'utilisation prévue.
- UTP : répertorié dans la norme Commercial Building Wiring Standard 568 de l'EIA/TIA (Electronic Industries Association / Telecommunication Industries Association). La norme EIA/TIA 568 a utilisé UTP pour créer des normes applicables à toutes sortes de locaux et de contextes de câblage qui garantissent au public l'homogénéité des produits. Ces normes incluent cinq catégories de câbles UTP :
- **Catégorie 1** : Câble téléphonique traditionnel (transfert de voix mais pas de données)
- **Catégorie 2** : Transmission des données à 4Mbit/s maximum (RNIS). Ce type de câble est composé de 4 paires torsadées
- **Catégorie 3** : 10 Mbit/s maximum. Ce type de câble est composé de 4 paires torsadées et de 3 torsions par pied
- **Catégorie 4** : 16 Mbit/s maximum. Ce type de câble est composé de 4 paires torsadées en cuivre
- **Catégorie 5** : 100 Mbit/s maximum. Ce type de câble est composé de 4 paires torsadées en cuivre
- **Catégorie 5e** : 1000 Mbit/s maximum. Ce type de câble est composé de 4 paires torsadées en cuivre



La plupart des installations téléphoniques utilisent un câble UTP. Beaucoup de locaux sont pré-câblés pour ce genre d'installation (souvent en nombre suffisant pour satisfaire les futurs besoins). Si la paire torsadée pré-installée est de bonne qualité, il est possible de transférer des données et donc l'utiliser en réseau informatique. Il faut faire attention cependant aux nombres de torsades et aux autres caractéristiques électriques requises pour une transmissions de données de qualité.

Le majeur problème provient du fait que le câble UTP est particulièrement sujet aux interférences (signaux d'une ligne se mélangeant à ceux d'une autre ligne). La seule solution réside dans le blindage.

II – 3) La paire torsadée blindée (STP)

Le câble **STP** (*Shielded Twisted Pair*) utilise une gaine de cuivre de meilleure qualité et plus protectrice que la gaine utilisée par le câble UTP. Il contient une enveloppe de protection entre les paires et autour des paires. Dans le câble STP, les fils de cuivre d'une paire sont eux-mêmes torsadés, ce qui fournit au câble STP un excellent blindage, c'est-à-dire une meilleure protection contre les interférences). D'autre part il permet une transmission plus rapide et sur une plus longue distance.

II – 4) Les connecteurs pour paire torsadée

La paire torsadée se branche à l'aide d'un [connecteur RJ-45](#). Ce connecteur est similaire au RJ-11 utilisé dans la téléphonie mais différent sur certains points : le RJ-45 est légèrement plus grand et ne peut être inséré dans une prise de téléphone RJ-11. De plus, la RJ-45 se compose de huit broches alors que la RJ-11 n'en possède que six, voire quatre généralement.

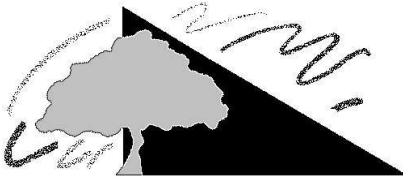
III - Fibre optique (voir TP n°3)

La fibre optique est un câble possédant de nombreux avantages :

- Légèreté
- Immunité au bruit
- Faible atténuation
- Tolère des débits de l'ordre de 100Mbps
- Largeur de bande de quelques dizaines de mégahertz à plusieurs gigahertz (fibre monomode)

La câblage optique est particulièrement adapté à la liaison entre répartiteurs (liaison centrale entre plusieurs bâtiments, appelé **backbone**, ou en français *épine dorsale*) car elle permet des connexions sur des longues distances (de quelques kilomètres à 60 km dans le cas de fibre monomode) sans nécessiter de mise à la masse. De plus ce type de câble est très sûr car il est extrêmement difficile de mettre un tel câble sur écoute.

Toutefois, malgré sa flexibilité mécanique, ce type de câble ne convient pas pour des connexions dans un réseau local car son installation est problématique et son coût élevé. C'est la raison pour laquelle on lui préférera la paire torsadée ou le câble coaxial pour de petites liaisons.



Annexe 2 : propagation le long d'une ligne de transmission.

Dans un câble coaxial, c'est une onde électromagnétique (un champ électrique et un champ magnétique) qui se propage à la vitesse v .

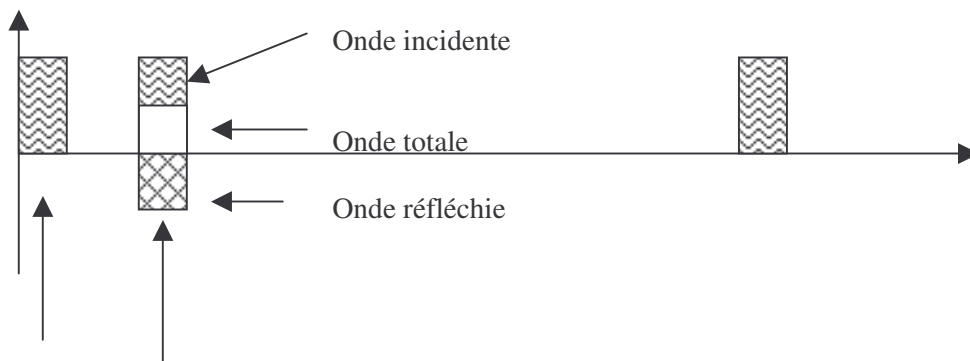
Lorsqu'elle arrive sur un obstacle (une résistance par exemple) elle subit une **réflexion** et la partie de l'onde qui est réfléchi est définie par le coefficient de réflexion : $\rho = (R - Z_c) / (R + Z_c)$

Z_c : impédance caractéristique de la ligne.

Amplitude de l'onde réfléchi = $\rho \times$ Amplitude de l'onde incidente.

A l'endroit où il y a un obstacle, les ondes incidentes et réfléchies s'ajoutent.

Exemple, si $\rho = -0.5$, on a l'onde de tension suivante :



Onde incidente onde totale après $L = 100$ m (au niveau de l'obstacle)
Au départ onde totale = onde incidente + onde réfléchi
($L = 0$ m)

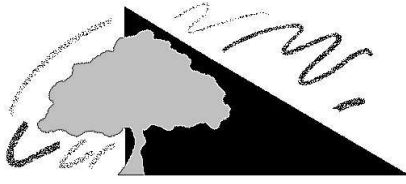
De plus, lors de la propagation il y a un **affaiblissement** de l'onde.



Mesure de la propagation : en mesurant l'intervalle de temps Δt qui sépare l'arrivée des deux signaux sur l'oscilloscope, on peut calculer la vitesse de propagation de la tension électrique rectangulaire dans le câble coaxial. On peut aussi comparer l'amplitude de la tension du signal 1 et du signal 2. Ce dernier a parcouru en plus du premier la longueur L du câble vert. Il a subi un amortissement plus important. En supposant que l'amortissement du signal est de type exponentiel, on peut en déduire un coefficient d'atténuation β caractéristique du câble coaxial. Si on appelle V_1 et V_2 les amplitudes des signaux 1 et 2, la loi est alors : $V_2 = V_1 \cdot \exp(-\beta \cdot L)$

On mesure alors le coefficient β par $\beta = (1/L) \times \ln(V_1/V_2)$

Ce problème de l'amortissement est récurrent en matière de transmission d'informations par câble comme ici mais aussi dans la transmission par fibres optiques comme c'est de plus en plus souvent le cas à l'heure actuelle. Pour propager des informations sur de très longues distances qui peuvent atteindre quelques milliers de kilomètres (comme par exemple pour traverser l'Atlantique), on est obligé de prévoir régulièrement le long du câble ou de la fibre optique la présence de dispositifs qui vont amplifier le signal qui leur parvient avant de l'envoyer plus loin.



Annexe 3 : chronogrammes .

a) $R = 50 \Omega$: $\rho_s =$

v_e, v_s



b) $R = \infty$: $\rho_s =$

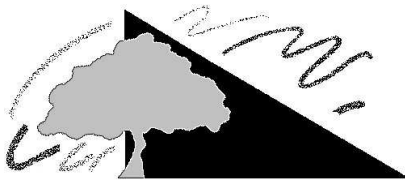
v_e, v_s



c) $R = 0 \Omega$: $\rho_s =$

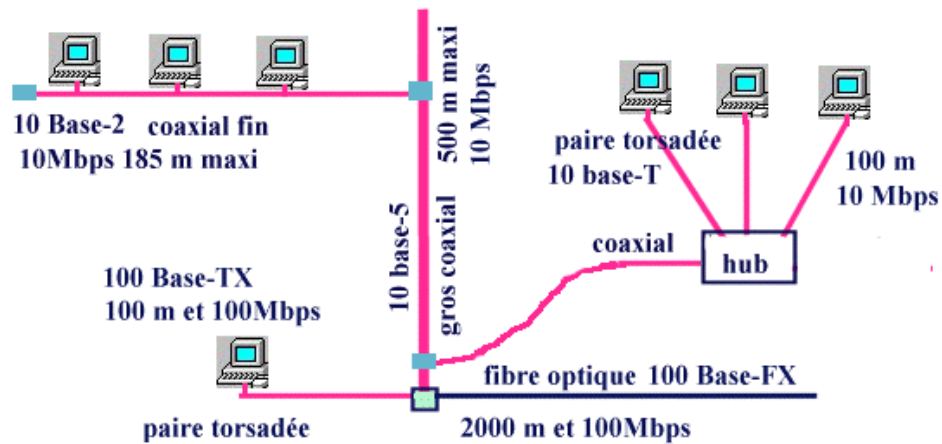
v_e, v_s



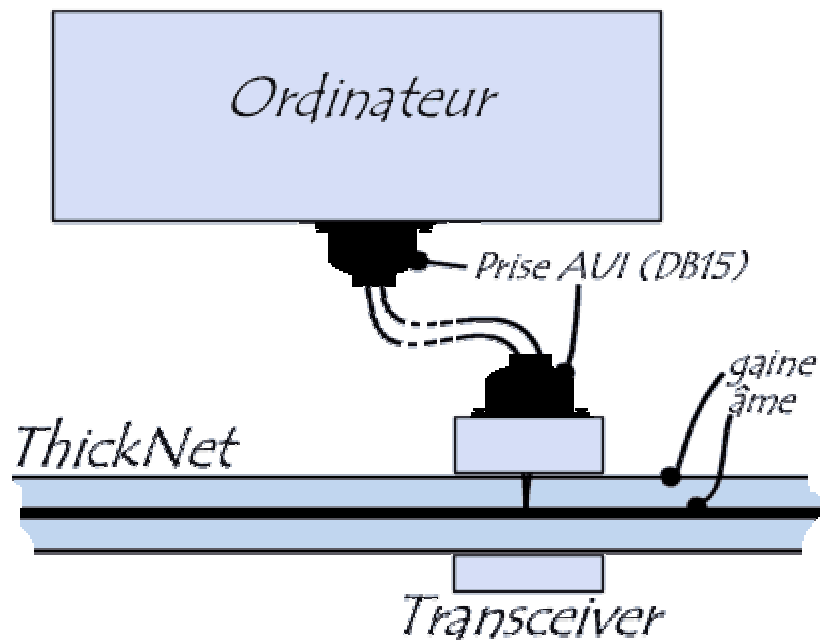


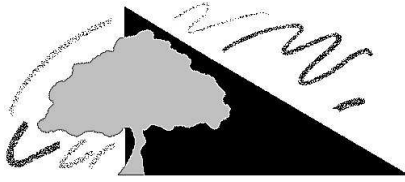
Photos à ajouter .

Architecture typique d'un réseau.(figure 1)

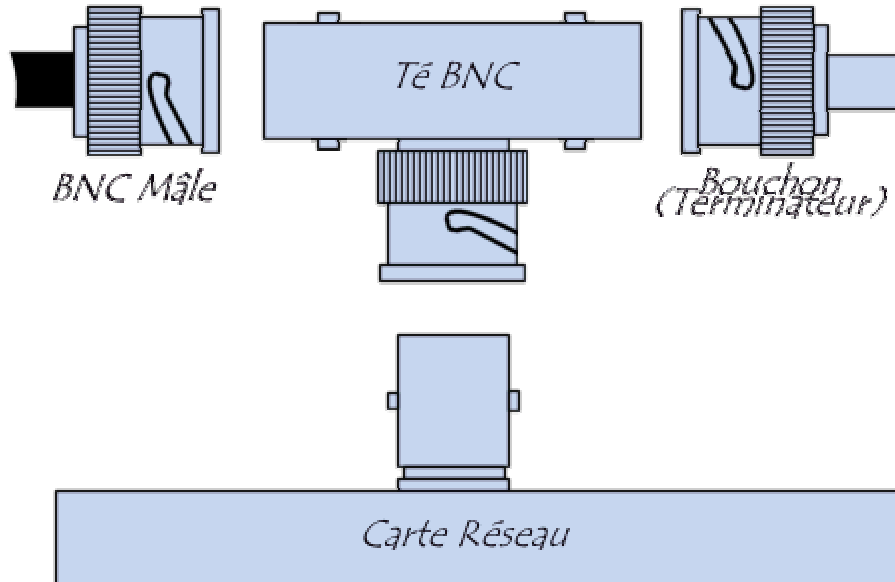


Prise « vampire ».(figure 2)





Connecteurs BNC.(figure 3)

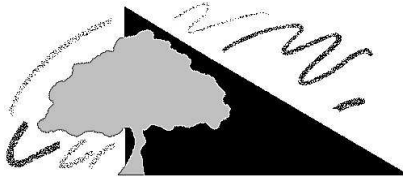


Caractéristiques des bobines de câble coaxial type « RG58 ».(figure 4)

TOP PRODUIT
à partir de **0€68** 4.46F

Câbles coaxiaux 50 Ω

Type de câble	1. RG 174	2. RG 58 U	3. RG 213	4. AIRCOM PLUS
Utilisation	Câblage dans des appareils	Réception voiture	Grande installation	Grande installation fixe
Impédance caractéristique (Ω)	50	50	50	50
Impédance de courant continu (Ω/km)	300/38	-	6/4,1	-
Grandeur du blindage (dB)	55	-	60	-
Capacité (pF/m)	101	-	101	84
Facteur de réduction	0,66	-	0,66	-
Niveau de service maxi (dB)	-	-	-	-
Poids environ (kg/km)	11	-	159	150
Charge de traction maxi (daN)	3	-	30	-
Rayon de courbure mini 15	-	50	-	-
Ø de conducteur interne (mm)	7 x 0,16	7 x 0,3	7 x 0,76	2,7
Matériau du conducteur interne	Aluminium - acier	Cuivre rouge	Cuivre rouge	Cuivre
Ø diélectrique (mm)	1,5	-	7,3	7,2
Matériau diélectrique	Polyéthylène	Polyéthylène	Polyéthylène	Polyéthylène
Ø de gaine (mm)	2,6	5	10,3	10,8
Matériau de gaine	PVC noir	PVC noir	PVC noir	PVC noir
Atténuation (dB/100 m) pour :				
10 MHz	12,8	-	1,8	0,9
30 MHz	18	-	3	-
100 MHz	30	-	7	3,3
300 MHz	49	-	11	-
500 MHz	73	-	17	-
800 MHz	93	-	23	-
Code :	28 50 80-22	06 51 77-22	28 50 99-22	25 29 30-22
Prix de 1 à 99 m, le mètre	1.20€	0.80€	2.95€	5.95€
Prix 100 m & +, le mètre	1.02€	0.68€	2.51€	5.06€



Différents types de câblage.(figure 5)

Souple

Câble RJ 45 non blindé (UTP)
Câble catégorie 5 c testé avec succès jusqu'à 100 MHz. Pour utilisation en cordons de brassage ou entre le terminal et la prise RJ 45. Vendu au mètre.

06 51 25-33	Le mètre	1.25€
07 13 19-33	Les 100 m	74.90€

Souple

Câble réseau RJ 45 blindé (FTP)
Haut débit 200 MHz en 4 paires catégorie 5 c. Ame souple multibrins (7 x 0,16 mm²). Isolation en polyoléfine. Paires torsadées avec codes couleur EIA/TIA 568. Gaine extérieure en PVC de Ø 5 mm. Blindage alu. Vendu au mètre.

06 51 24-33	Le mètre	1.35€
07 13 20-33	Les 100 m	79.00€

Réseau Ethernet
Ame multibrins cuivre nu. Isolation polyéthylène. Gaine ronde PVC noire. Ø ext. 5 mm. Impédance 50 Ω. Affaiblissement à 10 MHz : 4,50 dB / 100 m. Vendu au mètre.

Code	1 à 99	100 & +
28 50 30-33	1.20€	1.02€

Fibre optique gainée
Haute flexibilité, amortissement faible. Phototransmission ciblée sur des points inaccessibles. Totalement libre de parasites et de potentiel. Transmission de données pour le traitement de textes, la transmission sonore et la technique de mesure. **Caractéristiques :** Ø de la fibre 1 mm. Ø de la gaine extérieure 2,2 mm. Amortissement pour 660 nm : 0,3 dB/m. Type OKE 1000-B. Section 1 mm. Vendue au mètre.

à partir de **1€68** 11.85F

Code	1 à 99	100 & +
18 33 85-33	Le mètre	2.40€ 1.68€

Utilisations du photoélectrique.(figure 6)

Barrière photoélectrique à fourche CNY 37
Utilisation : commutations optoélectroniques, par ex. détection de marques de couleur, balayage de rondelles de codage, interrupteurs sans contact, détecteur de fissure de bande, compteur de tours et de vitesse. CNY 37 = TCST 2000. Montage : CNY 37 - entrée : diode lumineuse IR GaAs - sortie : phototransistor NPN - U_{max} = 32 V, I_c = 100 mA.

Code	1 à 9	10 & +
18 42 50-22	1.80€	1.53€

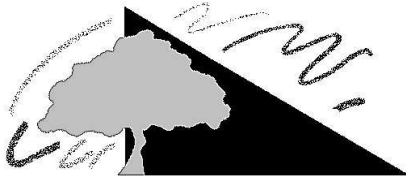
MOC 3020

à partir de **0€76** 4.09F

Anode (1) Cathode (2) Terminal pinceau (3) Substrat de conducteur triac NE PAS CONNECTER (4) Terminal pinceau (5)

Photocoupleurs sortie triac-thyristor
Isolation galvanique entre circuit de commande et de charge. Utilisation dans les barrages photoélectriques, les interrupteurs électroniques (type 3040 électroaimant à minimum de tension) - MOC 3020 = K 3020 P = MLP 3020 - MOC 3040 = TCP 3040 = MCP 3041 - S 21 MD 4 = S 21 ME 4. Courant de sortie : 100 mA. Tension d'isolation : 7600 V. Tension de sortie : 400 V.

Code	Type	1 à 9	10 & +
18 56 47-22	MOC 3020	0.89€	0.76€
06 43 54-22	MOC 3021	0.89€	0.76€
18 55 82-22	MOC 3041	1.19€	1.01€
18 55 90-22	MOC 3043	1.19€	1.01€



STS IRIS 2003-2004
1^{ère} année
durée : 2h.

