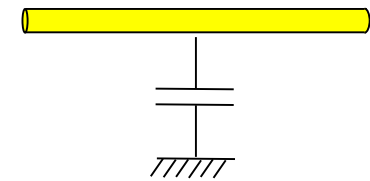
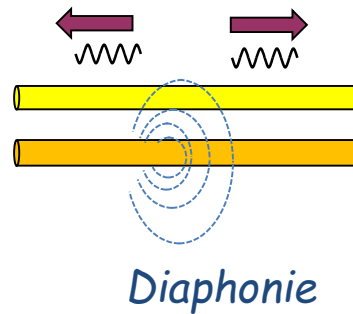
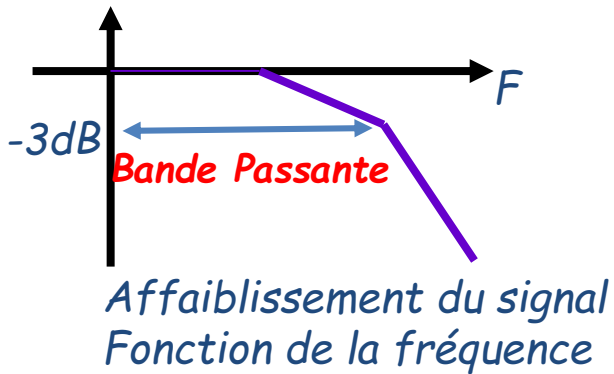
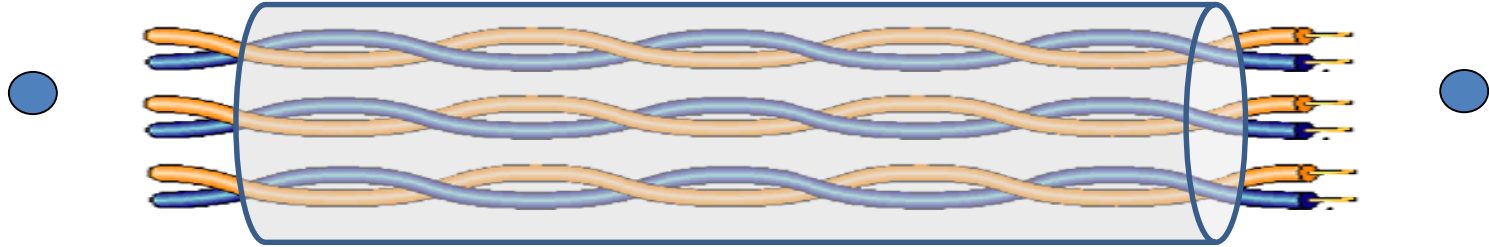


Technologies des réseaux d'accès

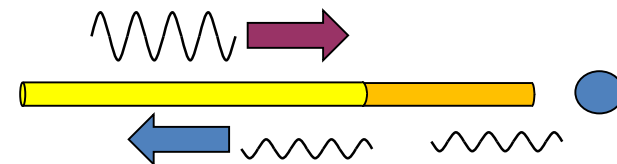
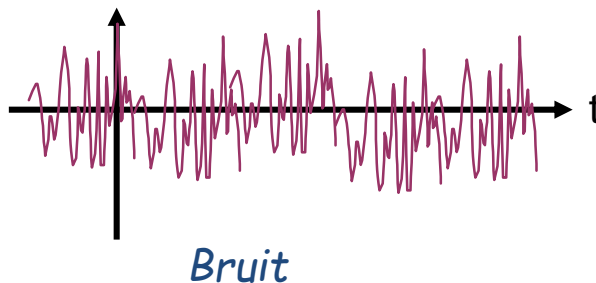
La boucle locale cuivre Analyse des défauts

Jacques Garinet

Les sources de problèmes et de distorsions du signal

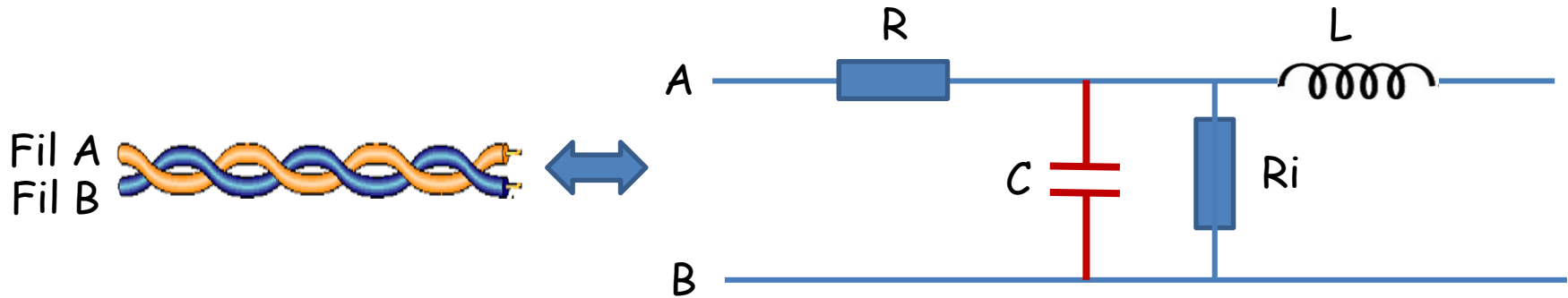


Défaut électrique:
Déséquilibre, Court-circuit
Rupture...



Réflexion du signal
Adaptation d'impédances

Schéma équivalent électrique d'une paire torsadée cuivre : les paramètres primaires







R : Résistance par unité de longueur (*Résistance linéique*) Ω/m

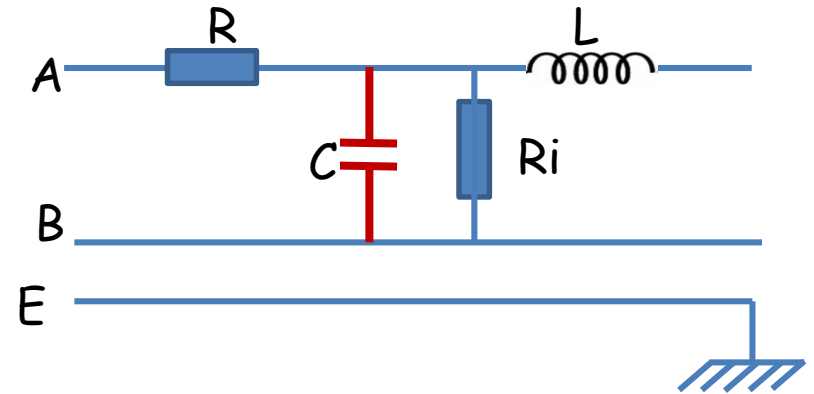
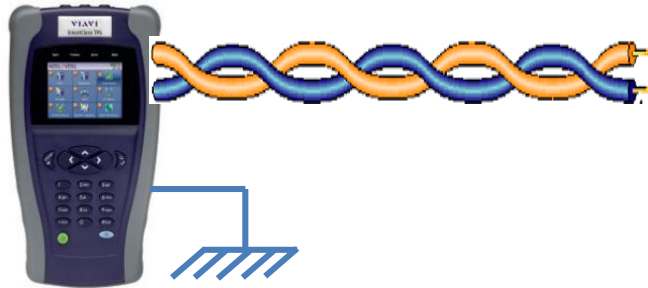
L : Inductance par unité de longueur (*Inductance linéique*) H/m

C : Capacité par unité de longueur (*Capacité linéique*) F/m





Ri : Résistance d'isolement par unité de longueur (*Conductance linéique*) Ω/m

Schéma	Nom	Unité	Valeur typique
	Résistance	Ohm (Ω)	$\varnothing 0,4 \Rightarrow 275 \Omega/\text{m}$ $\varnothing 0,6 \Rightarrow 122 \Omega/\text{m}$ $\varnothing 0,8 \Rightarrow 69 \Omega/\text{m}$
	Inductance	Henry (H)	0,65 mH/m
	Capacité	Farad (F)	50 nF/Km
	Résistance d'isolement	Ohm (Ω)	100 M Ω

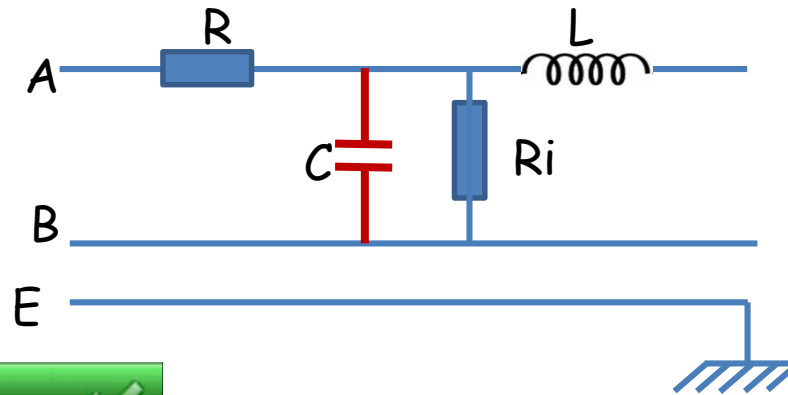
les paramètres primaires



La mesure de ces paramètres permet un premier diagnostic en cas de panne.

Schéma	Nom	Unité	Valeur typique	Si différent des valeurs typiques
	Résistance	Ω	\varnothing 0,4 \Rightarrow 275 Ω /m \varnothing 0,6 \Rightarrow 122 Ω /m \varnothing 0,8 \Rightarrow 69 Ω /m	Fil A et/ou B coupé, court-circuit, défaut de symétrie si R mesuré entre A et B différent de R mesuré entre B et A.
	Inductance	H	0,65 mH/m	défaut de symétrie si L mesuré entre A et B différent de L mesuré entre B et A.
	Capacité	F	50 nF/Km	Défaut d'isolement (court circuit).
	Résistance d'isolement	Ω	100 M Ω	Défaut d'isolement (court circuit).

Exemple de deux mesures de capacité C inter-conducteur



Capacitance...			
	AB	AE	BE
Capacitance	27.5 nF	26.4 nF	26.3 nF
Capacitance	532.7 m	364.4 m	364.1 m
Balance	102.7 dB		

La ligne fait 532 mètres
Toutes les mesures sont ok
La « balance » représente la symétrie électrique entre le fil A et le fil B. (défaut si < 60 dB)

Capacitance...			
	AB	AE	BE
Capacitance	36.0 nF	115 nF	35.9 nF
Capacitance	697.4 m	1.592 km	496.1 m
Balance	29.8 dB		

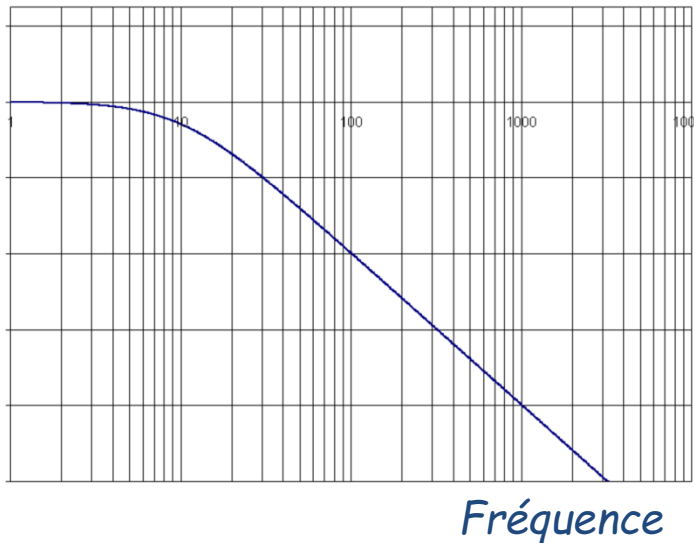
La ligne fait toujours 532 mètres
Un défaut de capacité est observé donc entre A et B. La capacité AE est aussi différentes que la capacité BE donc présence d'un défaut de symétrie.

Les sources de problèmes et distorsions du signal

Affaiblissement du signal



Affaiblissement en dB



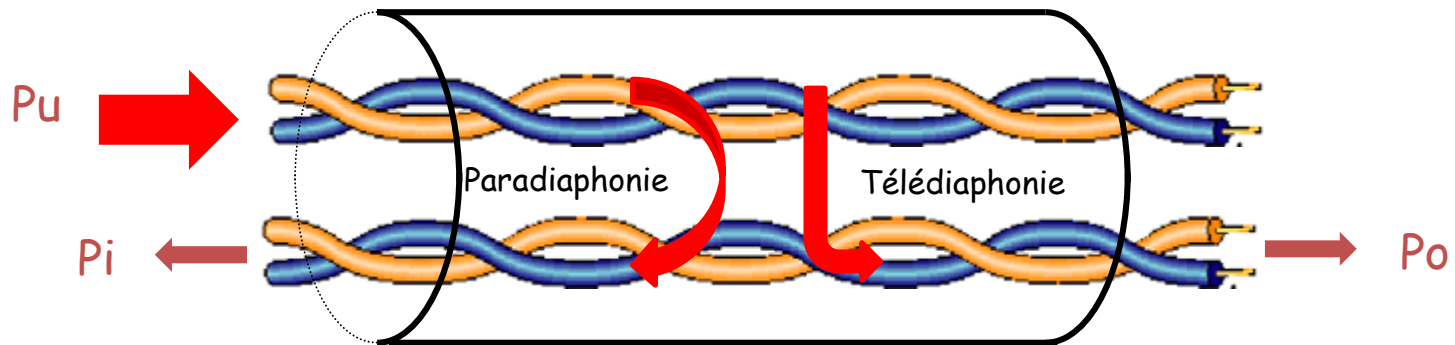
Calibre du câble	4/10	5/10	6/10	8/10
Fréquence	dB / km	dB / km	dB / km	dB / km
0,8 kHz	1,61	1,26	1,06	0,81
3,4 kHz	3,25	2,50	2,06	1,5
28,8 kHz	7,6	5,45	4,3	2,79
64 kHz	9,7	6,9	5,5	3,9
128 kHz	11,8	8,7	7,3	5,4
256 kHz	14,5	11,2	9,8	7,6
300 kHz	15	12,4	10,3	7,9
512 kHz	20,6	17,9	14,1	12

L'affaiblissement n'est, en soi, pas un défaut car il ne peut pas être corrigé.

Nous verrons plus tard ses conséquences sur le débit binaire supportable par la paire torsadée.

Les sources de problèmes et distorsions du signal

La diaphonie



Paradiaphonie :
Near-End Crosstalk
 $Next_{(dB)} = 10 \log \left[\frac{P_u}{P_i} \right]$

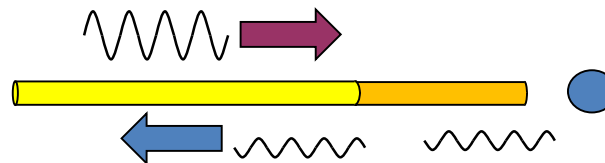
Télédiaphonie:
Far-End Crosstalk
 $Fext_{(dB)} = 10 \log \left[\frac{P_u}{P_o} \right]$

Norme générale : à 800Hz

Next doit être > 76 dB

Fext doit être > 65 dB

Reflexion du signal (Echo)

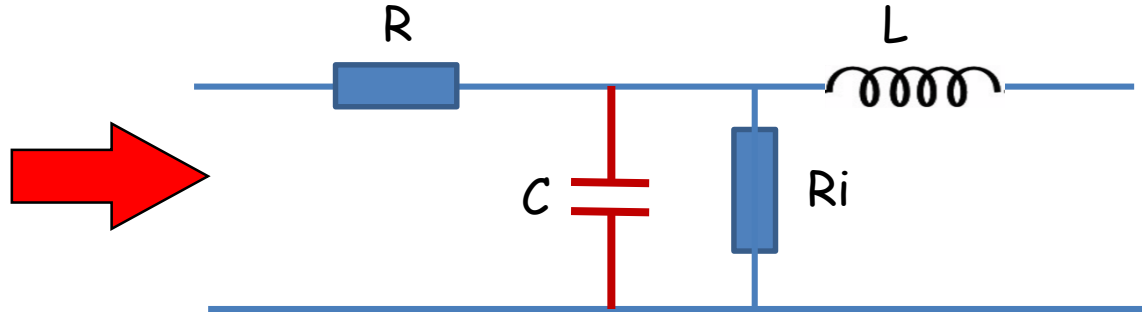


Réflexion du signal

les paramètres secondaires

L'impédance caractéristique

Impédance vue
par l'onde
incidente = Z_c

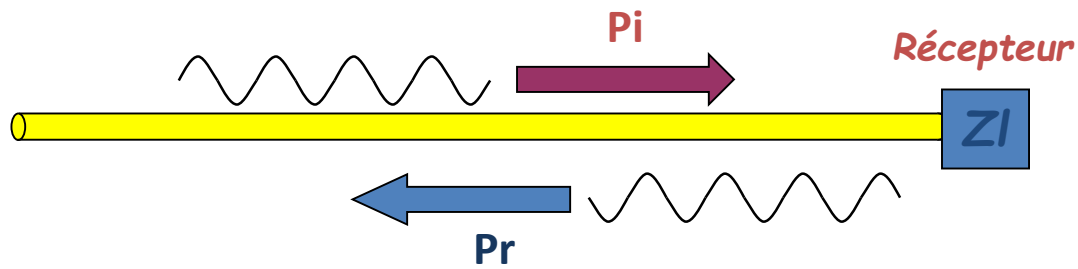


Impédance caractéristique :

$$Z_c = \sqrt{\frac{R + jL\omega}{G + jC\omega}}$$

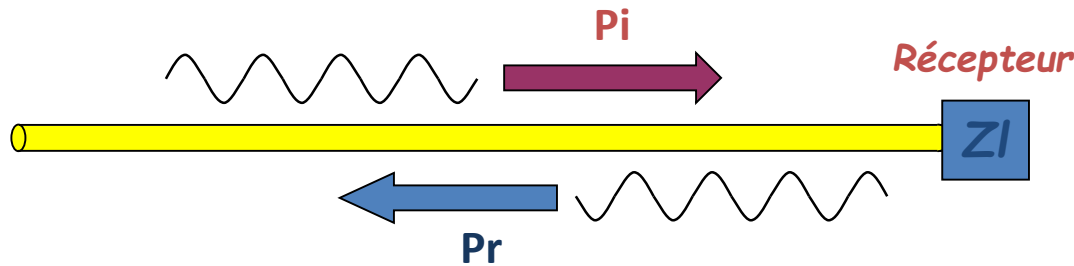
Fréquence	Impédance caractéristique
800 Hz	600 Ω
40 KHz	100 Ω
150 KHz	135 Ω
2 MHz	120 Ω

Réflexion du signal (Return Loss)



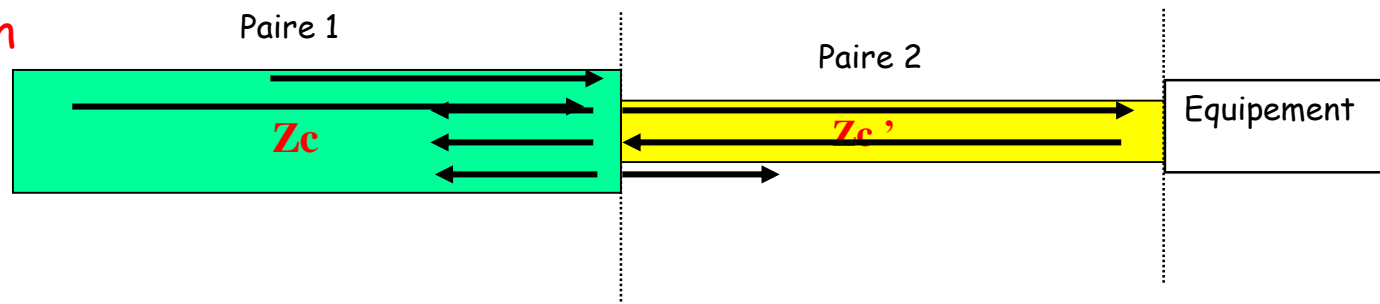
$$\frac{\text{P réfléchi (Pr)}}{\text{P incidente (Pi)}} = \left[\frac{\underline{Z_l} - \underline{Z_c}}{\underline{Z_l} + \underline{Z_c}} \right]^2$$

Réflexion du signal (Return Loss)

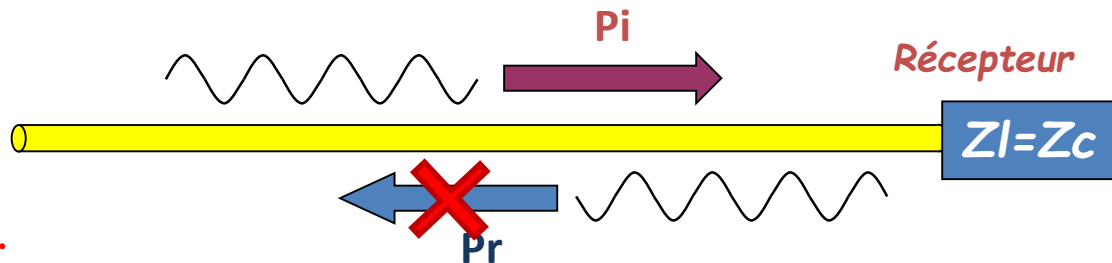


$$\frac{P_{\text{réfléchi}} (P_r)}{P_{\text{incidente}} (P_i)} = \left[\frac{Z_l - Z_c}{Z_l + Z_c} \right]^2$$

Problème de réflexion
Echo sur la ligne si
rupture d'impédance
caractéristique.



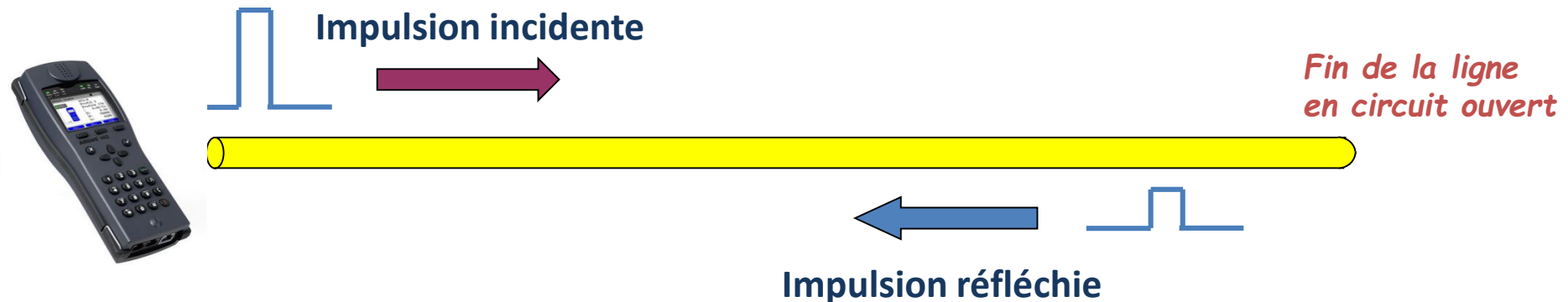
Pas de réflexion si
 $Z_l = Z_c$
Adaptation d'impédance.



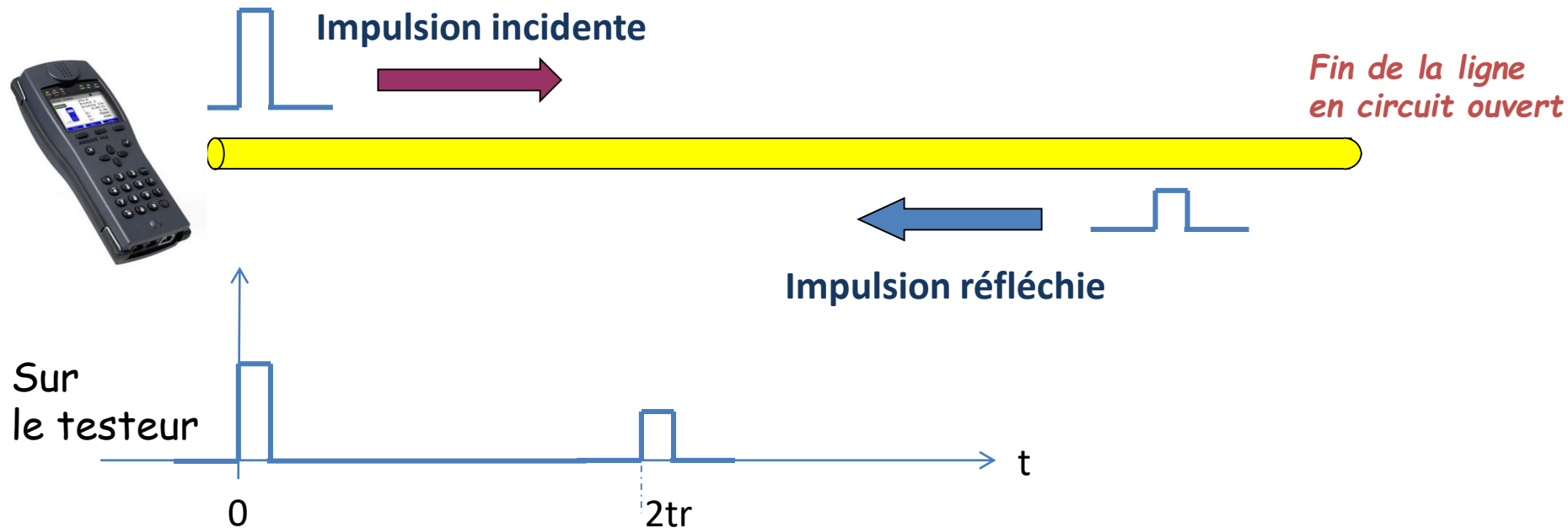
$$\frac{P_{\text{réfléchi}} (P_r)}{P_{\text{incidente}} (P_i)} = \left[\frac{Z_c - Z_c}{Z_c + Z_c} \right]^2 = 0$$

Mesures de réflexion du signal TDR = Time Domain Reflectometer (Echometre)

Ce phénomène de « réflexion » du signal peut être utilisé pour diagnostiquer des problèmes sur la ligne



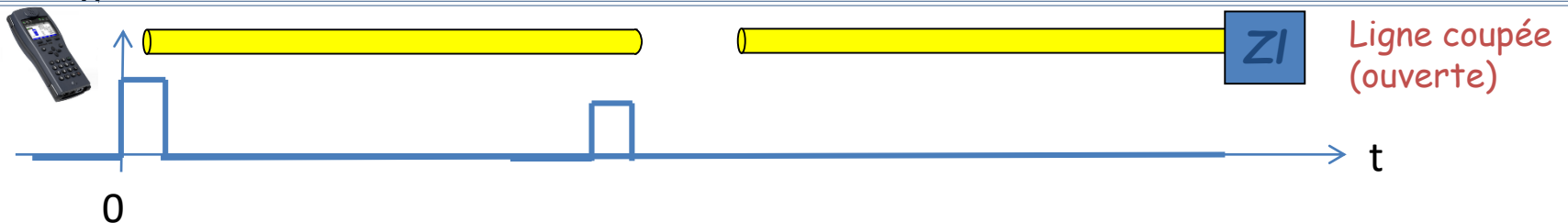
Mesures de réflexion du signal TDR = Time Domain Reflectometer (Echometre)



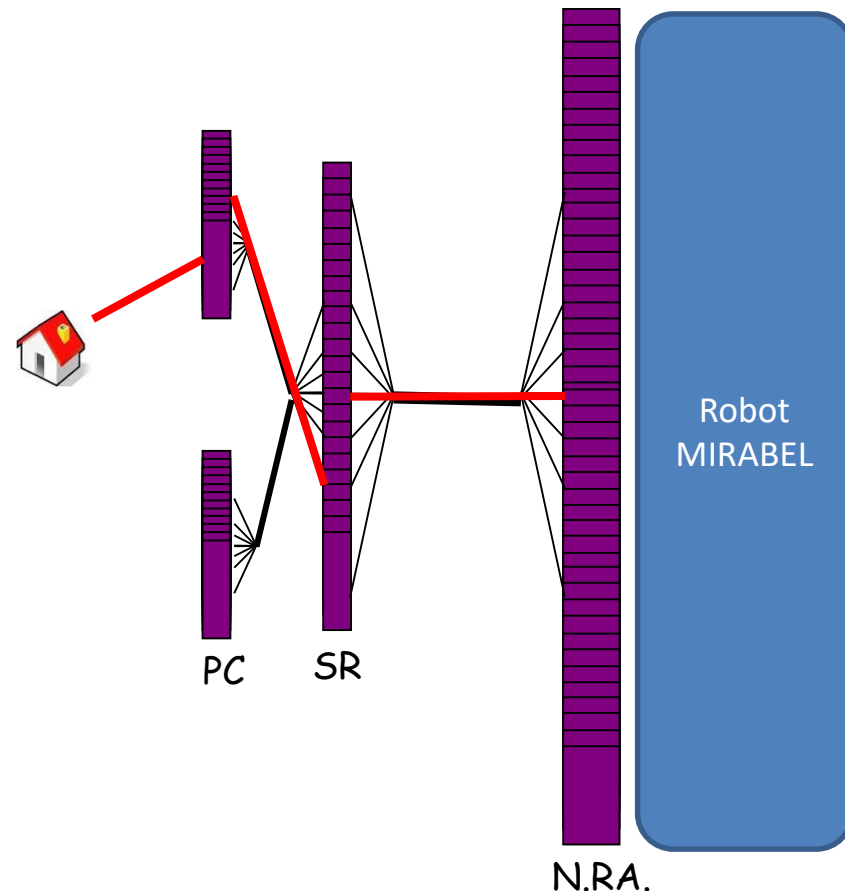
Distance entre le TDR et la fin de la ligne : $d = V_p \cdot tr$

La vitesse de propagation V_p dépend du câble et varie entre 53% et 88% de la vitesse de la lumière (typiquement 67%).

Mesures de réflexion du signal TDR = Time Domain Reflectometer (Echometre)



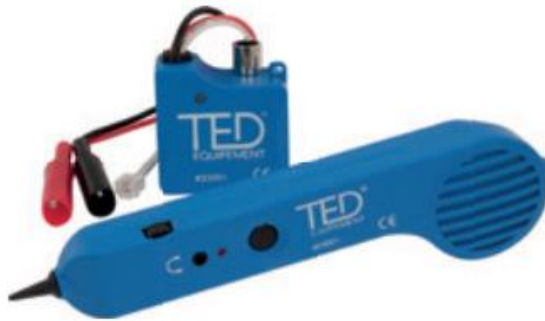
Robot de mesures automatiques de la boucle locale cuivre



Ligne bonne aux essais (LBE)

- Tension continue < 4v sur fil A et B
- Tension alternative < 4v sur fil A et B
- Isolement du fil A par rapport à la terre > 1 MΩ
- Isolement du fil B par rapport à la terre > 1 MΩ
- Isolement entre A et B > 1 MΩ
- Déséquilibre capacitif (balance) < 2%
(différence entre capacité AE et BE)

Les outils du technicien d'intervention sur la boucle Locale cuivre



Traceur de câble pour
localiser et tracer des
paires de cuivre dans un
répartiteur



Multimètre
Ohmmètre / Voltmètre



Testeur polyvalent
Paramètres électriques
Signal Dsl
connectivité

Echomètre
Détection des défauts par
réflectométrie



Être technicien d'intervention boucle locale, chez @Orange :

<https://www.youtube.com/watch?reload=9&v=Yls4PaKTAXA>

<https://www.youtube.com/watch?v=gCsAwRoEEew>