

## Ligne de transmission :

### Définitions :

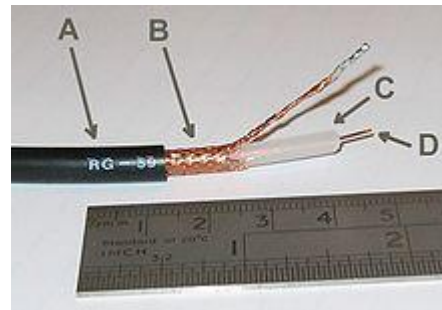
Une ligne est un ensemble de deux conducteurs électriques acheminant d'un générateur vers une charge un signal électrique.

Une ligne symétrique est une ligne dont les deux conducteurs ont la même relation avec la masse. Elle présente une symétrie géométrique dans sa disposition. Le signal est la différence de potentiel entre les deux conducteurs. La paire torsadée ou la ligne bifilaire (échelle à grenouille) sont des exemples de lignes symétriques.

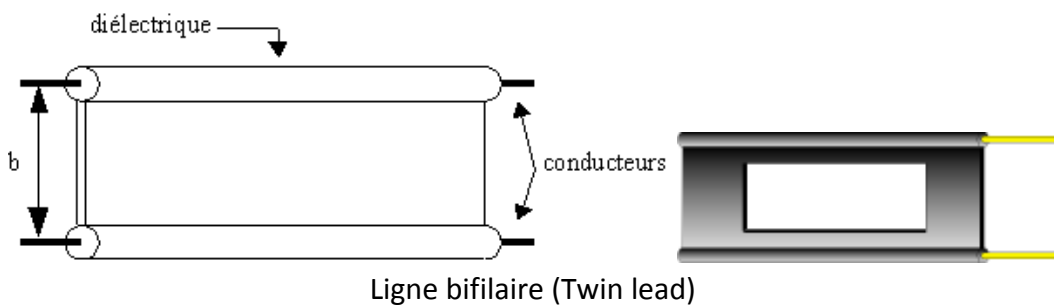
Le câble coaxial est une ligne asymétrique. Le signal est la différence de potentiel entre l'âme conductrice et la gaine métallique qui est le plus souvent la masse (référence 0v) du système.



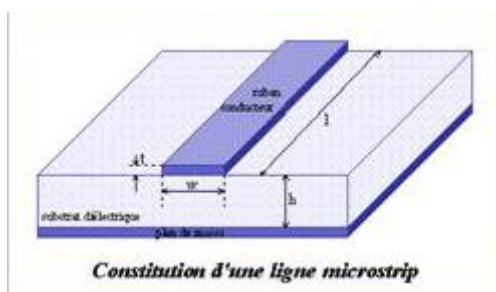
Paires torsadées



câble coaxial



Ligne bifilaire (Twin lead)



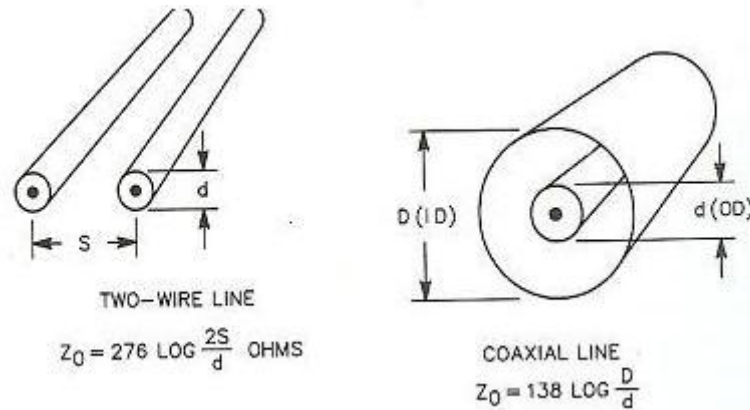
etc.

Une charge étant placée à l'extrémité de la ligne, la ligne doit permettre de retrouver cette charge à son entrée, quelque soit la longueur de la ligne. Cela se passe lorsque la résistance

de charge est égale à l'impédance caractéristique de la ligne. C'est la condition idéale de fonctionnement.

Les caractéristiques d'une ligne sont : son impédance caractéristique, son coefficient de vitesse, son affaiblissement linéique.

L'impédance caractéristique est liée aux dimensions de la ligne :



Antenna book ARRL 18th edition

Le coefficient de vitesse dépend du diélectrique utilisé pour réaliser la ligne.

L'affaiblissement linéique (par mètre de longueur exprimé en dB) est lié à la qualité du diélectrique et aux sections de cuivre des conducteurs.

### Constantes linéiques :

La réalisation technique d'une ligne amène des composantes électriques L et C liées à la longueur de la ligne. Pour chaque mètre la longueur des conducteurs présente une inductance  $L_i$  tandis que sur ce mètre de longueur, le diélectrique entre les deux conducteurs présente une capacité  $C_i$ .

L'impédance caractéristique de la ligne sera :

$$Z_c = \sqrt{L_i/C_i}$$

Exemple : Une ligne présentant une inductance linéique de 50 nH/m et une capacité linéique de 20 pF/m présentera une impédance caractéristique de :

$$Z_c = \sqrt{(50 \cdot 10^{-9}) / (20 \cdot 10^{-12})} = 50 \Omega$$

### La ligne « quart d'onde »

Comme son nom l'indique, une ligne « quart d'onde » mesure un quart de longueur d'onde, mais il faut tenir compte de la vitesse de déplacement de l'onde dans le milieu (vitesse).

Soit une ligne  $\lambda/4$  utilisée à la fréquence 144 MHz.

La longueur d'onde dans le vide est :  $\lambda = 300\,000\,000 / 144\,000\,000 = 2,083 \text{ m}$

Le quart d'onde est :  $\lambda/4 = 0,52 \text{ m}$

Dans le vide ou l'air la longueur du  $\frac{1}{4}$  d'onde sera 52 cm.

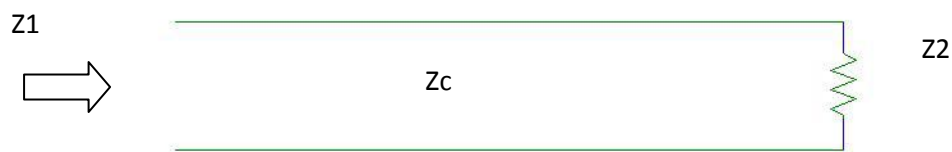
Mais si la ligne est réalisée avec du câble coaxial de célérité 0.66 (2/3 de la vitesse de la lumière) la longueur de la ligne sera de  $l = 0,52 * 0,66 = 0,3437$  m soit 34 cm environ. *L'onde met plus de temps pour parcourir la même distance.*

Il est important de noter cette différence entre longueur électrique et longueur physique de la ligne.

#### Propriétés de la ligne $\lambda/4$ :

##### Adaptation d'impédance

Pour une ligne  $\lambda/4$  chargée par  $Z_2$ , l'impédance vue de l'entrée est  $Z_1$ .



La relation entre ces impédances est :

$$Z_c^2 = Z_1 \times Z_2$$

Cette relation met en évidence une propriété particulière du « quart d'onde », la transformation d'impédance.

Supposons un couplage parallèle de deux antennes  $50 \Omega$  soit une impédance

$$Z_2 = 50/2 = 25 \Omega$$

L'émetteur ayant toujours une impédance de  $50 \Omega$ , le quart d'onde nécessaire pour adapter groupement d'antennes à l'émetteur devra avoir une impédance caractéristique  $Z_c$  de :

$$Z_c = \sqrt{Z_1 \times Z_2} \text{ soit } \Rightarrow Z_c = \sqrt{50 \times 25} = 35,3 \Omega$$

#### Transformation d'impédances :

- 1- Si une ligne « quart d'onde » est chargée par un court-circuit, alors l'impédance vue de l'entrée est infinie. Cette propriété est utilisée pour la réalisation de voltmètre HF à thermocouple et pour l'isolation électrique des lignes d'alimentation d'antenne de grande puissance.
- 2- Si une ligne « quart d'onde » est chargée par une résistance infinie (circuit ouvert), alors l'impédance ramenée à l'entrée est nulle (court-circuit). Cette propriété est utilisée dans la réalisation de filtre coupe bande.