

Le transport d'information : la ligne bifilaire, le câble coaxial et la fibre optique

Comprendre l'évolution des techniques utilisées pour fiabiliser et optimiser la performance des réseaux de transmission m'apparaît être une approche intéressante et concrète. Mon TIPE se nourrit de cet objectif en s'appuyant sur les trois exemples cités dans le titre.

L'étude d'une ligne de transmission permet de répondre à certains enjeux actuels, notamment l'optimisation du transport d'information. Ce sujet est au cœur de la thématique annuelle : les réseaux de transmission, qu'il s'agisse de lignes coaxiales ou de fibre optiques, sont omniprésents dans les villes et les foyers.

Positionnement thématique (ETAPE 1)

PHYSIQUE (Physique Ondulatoire), PHYSIQUE (Physique Interdisciplinaire).

Mots-clés (ETAPE 1)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>câble coaxial</i>	<i>coaxial cable</i>
<i>ligne bifilaire</i>	<i>optical fibre</i>
<i>fibre optique</i>	<i>twin-lead</i>
<i>onde</i>	<i>wave</i>
<i>transmission</i>	<i>transmission</i>

Bibliographie commentée

La ligne bifilaire toujours d'actualité, fut le premier support électrique réellement utile. Elle présente cependant de nombreux défauts : utilisation seulement jusqu'aux fréquences audio, pertes par rayonnement proportionnelles à la longueur du fil, perméabilité aux bruits électromagnétiques [1].

Pour limiter les pertes, les deux fils de la ligne bifilaire furent torsadés puis entourés d'un blindage cylindrique : c'est le câble coaxial. Le blindage empêche les parasites de l'environnement de perturber le signal et le câble est utilisable jusqu'aux hyperfréquences [1]. Plus exactement le câble est constitué du conducteur intérieur, l'âme en cuivre, entouré d'un matériau diélectrique et isolant. Enfin intervient le blindage tressé métallique entouré de la gaine caoutchoutée [2].

La modélisation d'une ligne de transmission se fait en « découpant » le câble en tronçons de longueurs infinitésimales que l'on peut modéliser par un quadripôle simple. Ainsi, ligne bifilaire et câble coaxial sont représentés par le même circuit électrique. Un modèle sans perte existe mais afin d'être fidèle à la réalité c'est le modèle avec pertes qui sera privilégié dans notre étude [3].

Chaque ligne possède une impédance caractéristique, une inductance linéique ainsi qu'une capacité linéique qu'il sera intéressant de confronter et de mesurer à l'aide de diverses méthodes [3]. La capacité linéique est la capacité par unité de longueur du diélectrique utilisé, tandis que l'inductance linéique désigne la résultante de l'inductance propre de chaque conducteur avec l'inductance mutuelle des deux conducteurs [4].

Ensuite, la ligne est dispersive : on distingue les notions de vitesse de phase et vitesse de groupe. La vitesse de phase est la vitesse de chaque onde tandis que la vitesse de groupe caractérise celle de « l'enveloppe », c'est-à-dire de l'onde résultante de la somme de toutes les ondes. Cette dernière est due aux phénomènes d'interférences et peut être qualifiée de « vitesse de modulation » [5]. Pour connaître la vitesse à laquelle circule l'information transportée par l'onde, il faut se référer à la vitesse de groupe. Il est ainsi fondamental de la mesurer pour une ligne électrique.

La fibre optique, elle, est apparue vers la fin des années 70 et n'a cessé d'être améliorée depuis. Elle est composée du cœur, au centre, souvent en silice pure, propageant la lumière. La gaine optique, elle-même composée de silice, d'indice de réfraction inférieur à celui du cœur, entoure ensuite ce dernier. La fibre est enfin protégée par une gaine plastique analogue à celle d'un câble coaxial [6].

Tandis que la bande passante du câble coaxial s'exprime en MHz, la fibre optique, elle, se rapproche du THz et est en outre insensible aux perturbations électromagnétiques [7].

Enfin, elle permet de par sa faible atténuation, d'augmenter sensiblement la distance entre répéteurs-régénérateurs en comparaison d'un câble coaxial dans les réseaux de transmission, passant de quelques kilomètres à des dizaines de kilomètres [8]. Ce phénomène d'atténuation négligeable sera cependant difficile à mettre en évidence au cours de ce TIPE car il nécessite de grandes distances.

Problématique retenue

Mon TIPE a pour but de comprendre le fonctionnement des lignes de transmission d'information en s'appuyant sur trois exemples fondamentaux : la ligne bifilaire, le câble coaxial et la fibre optique.

Il s'agira : d'analyser leurs caractéristiques, de souligner quelques choix techniques et de modéliser certaines situations indésirables pouvant se produire.

Objectifs du TIPE

Je me propose :

- de mesurer les caractéristiques d'un câble coaxial et d'une ligne bifilaire
- d'exposer certains désavantages de la ligne bifilaire
- de décrire une méthode de détection de défauts présents sur un câble coaxial
- de mettre en évidence les apports de la fibre optique

Références bibliographiques (ETAPE 1)

[1] MICHEL-YVES BERNARD : Transmission des signaux électriques sur les lignes : *Techniques de l'ingénieur*

[2] FUTURA SCIENCE : Câble coaxial : qu'est-ce que c'est ? : <https://www.futura-sciences.com/tech/definitions/electronique-cable-coaxial-4388/#le-cable-coaxial-remplace-par-la-fibre-optique>

[3] ROLAND MARBOT : Lignes de transmission – Propagation d'ondes électromagnétiques : *Techniques de l'ingénieur*

[4] JEAN-PAUL VABRE : La ligne de transmission- La ligne isolée : *Techniques de l'ingénieur*

[5] B. LAHAYE : Propagation des ondes – Vitesse de phase vitesse de groupe : *Bulletin de l'Union des Physiciens*

- [6] FUTURA SCIENCE : La fibre optique : description et fonctionnement : <https://www.futura-sciences.com/tech/questions-reponses/internet-fibre-optique-description-fonctionnement-1564/>
- [7] LYDIA BOUDJEMAI : Simulation d'une liaison optique et étude de l'évolution des réseaux de transport d'OTA : *UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI, TIZI-OUZOU*
- [8] MICHEL & IRÈNE JOINDOT : Systèmes de transmission sur fibre optique : *Techniques de l'ingénieur*