

LP 9 – Transmission de l'information

Manon LECONTE - ENS de Lyon

Dernière mise à jour : 16 juin 2020

Merci à Max Roose, Patrick Rigord et Joachim Galiana pour leur précieuse aide.

Mots-clé : chaîne de transmission de l'information, débit binaire, canal de transmission, propagation libre, propagation guidée, atténuation, transmission hertzienne, câble, fibre optique.

Niveau : TS

Pré-requis :

- Optique géométrique (lois de Snell-Descartes) [2^{de}]
- Ondes (fréquence, longueur d'onde, célérité, propagation, intensité) [TS]
- Ondes sonores (décibel) [TS]
- Ondes électromagnétiques (spectre électromagnétique) [1S]
- Numérisation d'un signal (conversion analogique-numérique) [TS]
- Mathématiques : fonction logarithme [TS]

Bibliographie :

- *Physique-chimie TS - Enseignement spécifique*, Micromega
- *Physique-chimie TS - Enseignement spécifique*, Hachette éducation

Plan proposé

I - La chaîne de transmission	2
A/ Schématisation	2
B/ Le canal de transmission	2
II - La transmission hertzienne : des exemples de propagation libre	3
A/ Les ondes hertziennes	3
B/ Des exemples de transmissions hertziennes	4
III - Transmission par propagation guidée	4
A/ Transmission par câble	4
B/ Transmission par fibre optique	5

Introduction pédagogique

La leçon intervient dans la séquence "Transmettre et stocker de l'information", du thème Agir, Défis du XXI^{me} siècle. Ce thème a vocation d'apporter des connaissances aux élèves sur le monde qui les entoure et leur introduire des défis environnementaux, technologiques, ... qu'ils auront à relever plus tard.

Les élèves viennent d'aborder un cours sur la numérisation des signaux (conversion analogique-numérique, numérisation des images) avant de voir ce cours. La séquence est close par un troisième cours sur le stockage optique.

Transmettre et stocker de l'information	
Notions et contenus	Compétences exigibles
Chaîne de transmission d'informations	Identifier les éléments d'une chaîne de transmission d'informations. Recueillir et exploiter des informations concernant des éléments de chaînes de transmission d'informations et leur évolution récente.
Procédés physiques de transmission Propagation libre et propagation guidée. Transmission : - par câble ; - par fibre optique : notion de mode ; - transmission hertziennne. Débit binaire. Atténuations.	Exploiter des informations pour comparer les différents types de transmission. Caractériser une transmission numérique par son débit binaire. Évaluer l'affaiblissement d'un signal à l'aide du coefficient d'atténuation. <i>Mettre en œuvre un dispositif de transmission de données (câble, fibre optique).</i>

Difficultés :

- Conversions et unités ;
- Une chaîne de transmission peut comporter différents types de canaux de transmission (par exemple la télévision).

Exemples de TD : approche documentaire sur une chaîne de transmission : identifier les différents éléments, comparer à d'autres chaînes de transmission.

Exemples de TP :

- transmettre un signal à l'aide d'une fibre optique ;
- déterminer l'atténuation d'un signal après propagation dans un câble coaxial.

Introduction

La communication représente un aspect central dans notre société. Elle n'a cessée de se développer depuis 50 ans, au travers des inventions de la téléphonie mobile, d'internet, des smartphones et enfin des réseaux sociaux. L'information constitue également un enjeu économique majeur. Il faut être capable de la partager le plus rapidement possible et à grande distance.

- Objectifs** – Identifier les éléments d'une chaîne de transmission de l'information.
- Comparer différents modes de propagation de l'information.

I - La chaîne de transmission

A/ Schématisation

On peut dresser un schéma général de la chaîne de transmission :

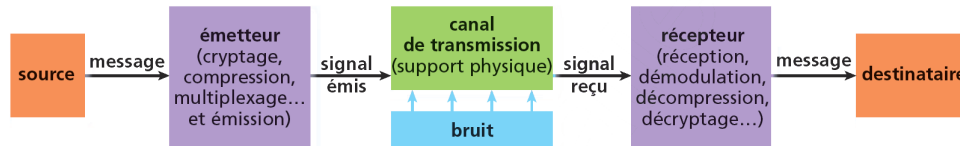


Figure 1 – Représentation schématique d'une chaîne de transmission (**Source** : Micro-mega (p. 555)).

Exemple – Communication téléphonique entre Alice et Bob

- Source : Alice ;
- Émetteur : téléphone d'Alice. Le message est **encodé** par un microphone (conversion analogique-numérique) et transmis par une antenne ;
- Canal de transmission : le message se propage du téléphone d'Alice vers celui de Bob ;
- Récepteur : téléphone de Bob. Le message est reçu par une antenne et **décodé** par un haut-parleur ;
- Destinataire : Bob.

On peut quantifier la rapidité d'une transmission à l'aide du **débit binaire** D (exprimé en bit/s ou bps), nombre de bits transférés chaque seconde de la source vers le destinataire :

$$D = \frac{1}{T_B} \quad (1)$$

avec T_B la durée de transmission d'un bit (exprimée en seconde).

B/ Le canal de transmission

On distingue deux types de propagation de l'information dans le canal de transmission :

- **propagation libre** : le signal se propage dans toutes les directions. ex : la radio, la téléphonie mobile ;
- **propagation guidée** : le signal est contenu dans une **ligne de transmission** (câble, fibre optique). ex : le téléphone filaire.

Le signal dans le canal de transmission est perturbé au cours de sa propagation.

Il peut tout d'abord être **atténué** (il perd en intensité) : le milieu dans lequel le signal se propage **absorbe** une partie de son énergie (ex : effet Joule dans un fil électrique) et en rencontrant des obstacles, l'onde peut être **diffusée** dans toutes les directions.

Dans une ligne de transmission, on peut quantifier l'atténuation du signal :

Définition – Coefficient d'atténuation linéaire :

$$\alpha_{\text{db}} = \frac{10}{L} \log \left(\frac{\mathcal{P}_e}{\mathcal{P}_s} \right) \quad (2)$$

qui s'exprime en dB/m, avec L la longueur de la ligne, \mathcal{P}_e la puissance du signal émise en entrée de la ligne et \mathcal{P}_s la puissance du signal en sortie.

On peut également utiliser l'**atténuation** (exprimée en dB) :

$$A = \alpha_{\text{db}} L = 10 \log \left(\frac{\mathcal{P}_e}{\mathcal{P}_s} \right) \quad (3)$$

Le signal peut de plus être perturbé dans le canal par ajout de bruit.

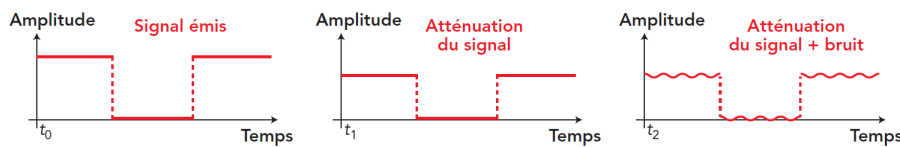


Figure 2 – Effets de l'atténuation et du bruit sur un signal créneau (**Source** : Hachette (p. 541)).

II - La transmission hertzienne : des exemples de propagation libre

A/ Les ondes hertziennes

Les ondes hertziennes sont des ondes électromagnétiques de longueurs d'onde comprises entre 10^{-3} et 10^4 m. Elles regroupent ainsi les micro-ondes et les ondes radio.

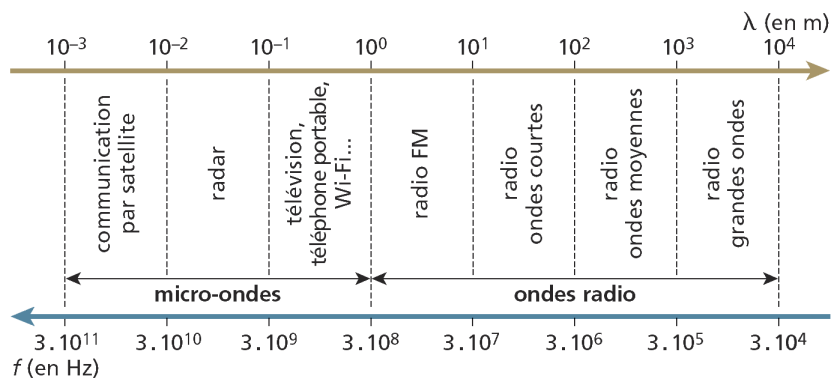


Figure 3 – Domaine de fréquences des ondes hertziennes (**Source** : Micromega (p. 558)).

Ce sont ces ondes qui sont utilisées pour la transmission hertzienne. Elles sont émises et reçues par des antennes, et la majorité de la transmission se fait par propagation libre.

B/ Des exemples de transmissions hertziennes

	Fréquence d'émission	Débit binaire
Télévision numérique terrestre (TNT) en HD (haute définition)	400 MHz à 800 MHz	24,88 Mbit.s ⁻¹
Wi-Fi externe utilisant la norme 802.11b	2,4 GHz	11 Mbit.s ⁻¹
GSM standard de téléphonie mobile	900 MHz et 2 100 MHz	100 kbit.s ⁻¹ jusqu'à 7 Mbit.s ⁻¹

Figure 4 – Exemples de transmissions hertziennes (**Source** : Micromega (p. 558)).

On remarque qu'à chaque type de communication est associée une plage de fréquences, plus ou moins étendue. Cela permet d'éviter les interférences entre ondes. Cependant, on rencontre là une limitation de l'utilisation des ondes hertziennes si les plages de fréquences sont saturées. C'est pourquoi en 2011, la télévision analogique terrestre (TAT) a basculé en télévision numérique terrestre (TNT), et en 2016 la TNT est devenue TNT haute définition (HD) pour laisser une plus grande plage de fréquences à la téléphonie mobile (développement 4G puis 5G).

| **Source** – Micromega (p. 552) et *Wikipédia*.

On remarque en outre une différence de débit binaire entre ces trois modes de communication. Cela est dû au fait que la téléphonie mobile utilise moins de bits que la Wi-Fi et elle-même moins que la télévision numérique. Il n'est donc pas nécessaire qu'elles aient le même débit pour obtenir l'information à une vitesse satisfaisante.

III - Transmission par propagation guidée

A/ Transmission par câble

L'information transmise par câble est codée sous forme d'un signal électrique.

On utilise deux types de câbles pour la transmission d'information. Ils possèdent tous deux deux fils dans la même enveloppe pour fermer le circuit électrique.

- Le **câble torsadé**, utilisé dans les câbles ethernet. Le blindage sert à réduire le bruit lors de la transmission.
- Le **câble coaxial**, utilisé pour faire le relai entre une antenne hertzienne et un téléviseur. Il est également peu sensible au bruit.

Les câbles sont à privilégier pour de courtes distances car leur coefficient d'atténuation linéaire est assez grand. Pour transmettre de l'information à grande distance, on peut utiliser la fibre optique.

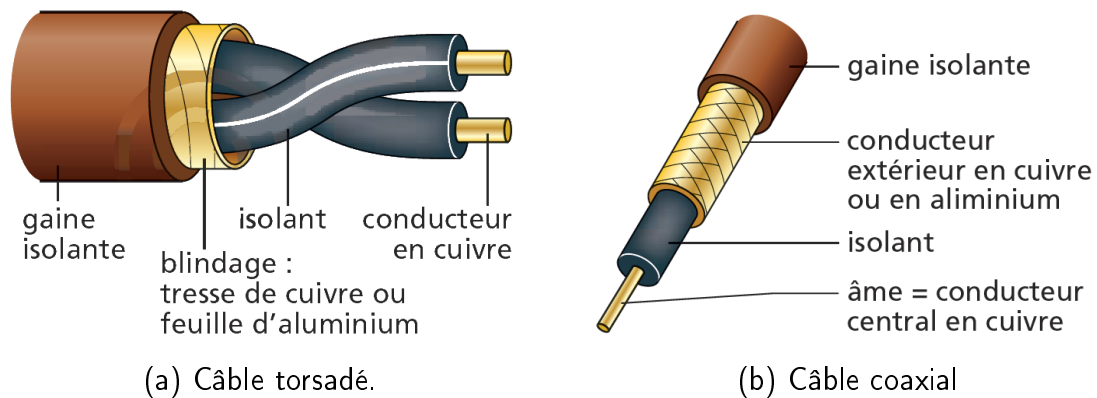


Figure 5 – Câbles utilisés pour la transmission de l'information (**Source** : Micromega (p. 558)).

B/ Transmission par fibre optique

Une fibre optique est un fil en verre (ou en plastique) permettant de transmettre des ondes lumineuses (généralement monochromatique). Ils permettent donc un très grand débit binaire car le signal se propage à une vitesse proche de la vitesse de la lumière.

On peut utiliser différents types de fibres optiques, appelés **modes**, afin d'améliorer le débit binaire ou l'atténuation du signal (voir Micromega (p. 559)).

Le principal inconvénient de la fibre optique est qu'il s'agit d'un matériau cher à produire. C'est pourquoi les foyers de France ne sont toujours pas tous couverts par la fibre optique.

Conclusion

Une chaîne de transmission de l'information est composée d'un émetteur, d'un canal de transmission et d'un récepteur, permettant d'acheminer l'information d'une source vers un destinataire. La vitesse de la transmission est quantifiée par le **débit binaire**.

Le canal de transmission peut utiliser une propagation libre, par exemple la transmission hertzienne, adaptée pour couvrir de longues distances mais rapidement saturée. Il peut également utiliser une propagation guidée, par câble (à courte distance) ou par fibre optique (plus performante).

Une fois transmise, l'information peut être stockée, par exemple sur un CD. C'est l'objet du dernier cours de la séquence.