

**Titre :** Télécommunications

**Présentée par :** Rémy BONNEMORT

**Correcteur :** Jérémy NEVEU

**Date :** 23/04/2020

**Bibliographie de la leçon :**

Titre	Auteurs	Éditeur	Année
Polycopié cours Jérémy Neveu			
Polycopié cours Electrodynamique Patrick Puzo			

**Plan détaillé**

Niveau : CPGE (PSI)

Prérequis :

- Spectres en fréquence
- Filtrage électronique

Plan :

- 1) Transmission directe par antennes ?
- 2) Modulation et choix d'une porteuse électromagnétique
  1. La porteuse électromagnétique
  2. Multiplieur analogique
  3. Modulation d'amplitude : double bande à porteuse conservée
    - ☐ Présentation mathématique
    - ☐ Indice de modulation et discussions autour de sa valeur
    - ☐ Représentation temporelle
    - ☐ Impact sur le spectre des fréquences
- 3) La démodulation
  1. Objectif
  2. Détection synchrone
  3. Boucle à verrouillage de phase

Conclusion : retour sur ce qui a été fait

Ouverture sur la fibre optique

**Questions posées par l'enseignant**

En rouge, les commentaires apportés par Jérémy.

**\* Tu as conclu sur la fibre optique, peux-tu en dire plus ?**

La fibre optique est un milieu dispersif, il n'y a pas de problème d'encombrement, c'est-à-dire qu'on sera capable de séparer chaque signal.

Ça met en œuvre la réflexion totale, quel que soit le type d'onde, la transmission reste la même.

**\* Avantage de la fibre par rapport à l'antenne ?**

Moins d'atténuation car le signal peut être régénéré au fur et à mesure, amplification possible, plus longue portée (**attention, on utilise des répéteurs pour la fibre, mais pour les antennes il suffit de les bien paver un territoire, donc cette raison n'est pas décisive**), pas d'interférences. **Mais surtout, la fréquence du signal est plus élevée pour la fibre, donc le débit est plus élevé.**

**De plus, un signal émis par une antenne peut être intercepté, car une antenne diffuse dans tout l'espace (attention pas de façon isotrope, voir les diagrammes de rayonnement)**

**\* Quelle modulation dans la fibre optique ? Quelle fréquence ?** Dans le silicium (matériau constitutif de la fibre),  $\lambda = 1,55 \mu\text{m}$ , donc  $f = 3 \cdot 10^{14}$  Hz. La FM est donc impossible, on utilise donc l'AM.

**\* Peux-tu expliquer comment on transmet un signal numérique en AM ?** On discrétise le signal d'intérêt. Par fibre optique, la valeur 1 correspond à l'envoi d'un faisceau LASER, valeur 0 = pas de faisceau (ou valeur faible).

**\* Taille typique d'une antenne : 150 km c'est pour quelle fréquence ?** Attention, erreur de puissance : pour 20 Hz,  $a \sim 1500 \text{ km}$  mais pour 20 kHz,  $a \sim 1,5 \text{ km}$ , pas 150 km.

**\* Pourquoi la taille de l'antenne doit être de l'ordre de la longueur d'onde ? Y-a-t-il une raison physique ?** L'émission et la réception de l'onde sont optimales. **En fait, on veut un phénomène de résonance dans l'antenne en y établissant une onde stationnaire, d'où l'existence d'antenne demi-onde, quart d'onde, etc....**

**Tu peux dessiner une antenne, le plus simplement possible ?** dipôle constitué d'ensembles de charges oscillantes.

**\* De quoi dépend la portée d'une antenne ?** De la longueur d'onde au carré

**Pourquoi ça dépend de la fréquence ?** Si on fait le calcul du dipôle oscillant, on trouve pour la puissance rayonnée une dépendance en  $\lambda^2$ .

**\* Pourquoi avoir choisi 10 Mhz pour votre exemple** (cf 1<sup>ère</sup> Slide, tableau des différents types de modulation, tiré du poly de Jérémie) ? C'est une fréquence de porteuse possible pour l'AM.

**Pour quelle application ?** radio.

**Et ensuite, pourquoi 1 MHz ?** radio aussi.

**Toute la plage de 150 kHz à 26,1 MHz n'est pas utilisée, mais il y a trois bandes de fréquences. La radio AM est utilisée pour transmettre des voix, mais pas de la musique, car certaines harmoniques sont filtrées.**

**\* Dans quel cadre est-il vrai que les fréquences vont de 1,0002 à 1,02 ?** **cette relation est vraie uniquement pour une modulation en amplitude et ne fonctionne pas pour une modulation en fréquence.**

**Peux-tu parler de la modulation de phase ?**

**\* A fréquence de porteuse égale, quel est l'avantage de la FM par rapport à la AM ?** Il n'y a pas de facteur d'atténuation, la FM est plus fiable car l'AM est affectée par des paramètres physiques et environnementaux.

**\* Dans ta simulation, à quoi correspondent les signaux vert, gris et rouge ?** vert : porteuse, rouge : signal utile, gris : signal modulé.

\* **Tu es sûr que  $V_{s\_max} = 1 + \mu$  ?** Non car les constantes ne sont pas prises égales à 1 comme dans le polycopié de cours.

**Peux-tu redessiner le cas limite  $\mu=1$  ?** Attention, les courbes de  $v_s(t)$  ne doivent pas se couper en  $v_s(t)=0$  (elles se coupent dans le cas d'une modulation infinie). Cf poly Jérémy.

\* **La surmodulation est-elle vraiment un problème ?** Oui si démodulation par détection de crête, non si démodulation par détection synchrone.

**Comment règle-t-on l'indice de modulation ?** Il suffit d'ajuster la tension  $V_u$ .

\* **Pourquoi veut-on "gagner en énergie sur la porteuse" ?** Cf poly de Jérémy, on peut atténuer la porteuse : technique double bande porteuse atténuée (ou supprimée). La méthode la plus économique étant celle consistant à transmettre uniquement une bande.

Cela permet de diminuer le coût : économie d'énergie par rapport à l'énergie consommée pour émettre le signal.

\* **Comment démodule-t-on si on n'a pas la porteuse ?** On peut utiliser une boucle à verrouillage de phase.

\* **Qu'est-ce que  $U_{vco}$  ?** La tension appliquée en entrée de l'oscillateur généré en tension.

**Le VCO génère un signal sinusoïdal à une fréquence fixée par la tension imposée à l'oscillateur.**

**Est-ce que le signal rentrant dans le VCO varie ?** Non, car il est filtré par un passe-bas, il reste juste un  $\cos(\phi)$ .

**Est-ce que le  $\cos(\phi)$  du VCO est le même que celui évoqué précédemment, dans  $v_p$  tilde ?** Oui.

Commentaires :

- \* La boucle à verrouillage de phase n'est pas au programme de CPGE, mais je ne m'attends pas à ce que cette leçon au titre ouvert s'accroche à un programme.
- \* Il est possible de faire plus court sur la modulation/démodulation grâce à un formalisme plus léger, et parler également de la transmission de signaux numériques, des antennes ou de la fibre optique.
- \* D'après Jérémie, la fibre optique a sa place dans cette leçon.
- \* Peut-être beaucoup de formalisme/calculs dans cette leçon ?

### **Avis général sur la leçon (plan, contenu, etc.)**

Pour moi c'est une bonne leçon. Le plan est bien, les sujets abordés pertinents. Le vocabulaire était précis. Rallonger la leçon avec la boucle à verrouillage nécessite d'être plus solide sur ses acquis. Une autre façon de rallonger aurait été une ouverture sur la modulation de fréquence ou simplement le numérique en modulation d'amplitude (et donc internet par fibre, etc...), ou le multiplexage fréquentiel plus concret (pour rebondir sur le graphe des opérateurs télécom)

### **Notions fondamentales à aborder, secondaires, délicates**

Modulation/démodulation, puis un moyen de transport de l'info. S'ancrer au réel avec l'exemple de la radio, du portable, d'internet... et des ordres grandeurs.

### **Expériences possibles (en particulier pour l'agrégation docteur)**

Modulation/démodulation AM, spectres associés, transmission par câble coaxial, modulation/démodulation FM

### **Bibliographie conseillée**

Vieux livres prépa, livres techniques, internet pour les chiffres et techniques récentes