

# TP n°8 Modulation - Démodulation AM

Compétences expérimentales

PSI 2022/2023

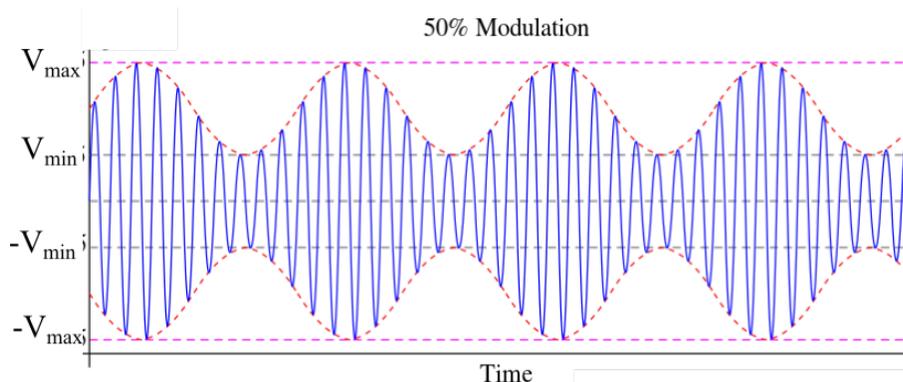
- Comprendre l'intérêt de la notion de série de Fourier dans le domaine des télécommunications
- Avec le plus d'autonomie possible, proposer et mettre en œuvre des protocoles de mesures de grandeurs électriques.
- De manière autonome, faire des propositions de valeurs de composants électriques bien adaptés à une opération de filtrage dans un domaine fréquentiel précis.

## Matériel

- Modules multiplieurs ( $\times 2$ ),
- Alimentation +15/-15 V,
- GBF (avec deux voies),
- Carte SYSAM.

## Questions préliminaires

1. Supposons que Bob et Eve émettent simultanément à l'aide d'antennes deux signaux radio dans la gamme de fréquences correspondant aux fréquences sonores. Alice possède une antenne de réception des ondes électromagnétiques. Quel signal reçoit Alice? Que peuvent faire Bob et Eve pour qu'Alice différencie les deux signaux émis?
2. Sachant que la longueur d'une antenne émettrice doit être égale au quart de la longueur d'onde de l'onde émise, quel autre problème sera rencontré par les émetteurs?
3. On souhaite moduler un signal sinusoïdal de fréquence 10 kHz et d'amplitude 5 V par un signal sinusoïdal de fréquence 1 kHz et d'amplitude 2,5 V à l'aide d'un multiplieur AD633. Donner l'expression du signal modulé et tracer l'allure de son spectre. Montrer que les deux problèmes précédents sont résolus si les deux émetteurs choisissent deux porteuses de fréquence très différentes.
4. On considère un signal modulé à 50 % en amplitude comme ci-dessous :



Montrer que :

$$m = \frac{V_{\max} - V_{\min}}{V_{\max} + V_{\min}}$$

5. Pour démoduler le signal, on utilise une démodulation synchrone en multipliant le signal modulé par le signal porteur. Donner l'expression du signal obtenu et tracer l'allure de son spectre.
6. Comment doit-on choisir la fréquence du filtre passe-bas pour obtenir un signal de sortie proportionnel au signal modulant? Proposer le montage correspondant avec une résistance  $R$  et un condensateur  $C$ .

## Manipulation

1. Déterminer et mettre en œuvre un protocole expérimental permettant de moduler un signal sinusoïdal de fréquence 10 kHz et d'amplitude 5 V par un signal sinusoïdal de fréquence 1 kHz et d'amplitude 2,5 V. Mesurer son taux de modulation et vérifier la cohérence du résultat.
2. Tracer le spectre du signal obtenu précédemment et vérifier la cohérence du résultat.
3. Déterminer et mettre en œuvre un protocole expérimental permettant de démoduler le signal obtenu précédemment par démodulation synchrone. Vérifier que le signal obtenu a bien la bonne fréquence.

## Annexe I - Modulation et démodulation

*Moduler un signal en amplitude, c'est faire varier son amplitude au cours du temps à l'aide d'un autre signal. Dans la pratique, on module le plus souvent un signal sinusoïdal appelé "signal porteur" par un signal autre appelé "signal modulant". Le résultat de cette modulation est appelé "signal modulé".*

### Principe de la modulation d'amplitude

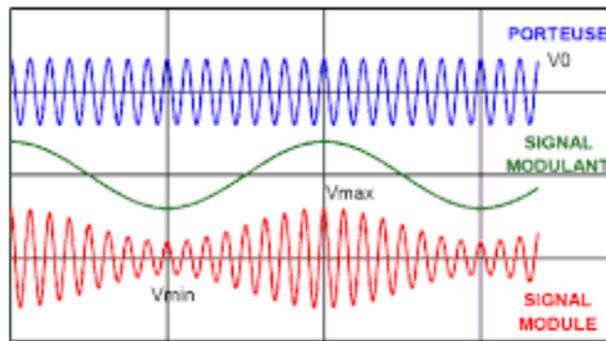
La modulation en amplitude consiste à faire varier l'amplitude d'un signal sinusoïdal de grande fréquence, appelé signal porteur, dans le temps :

$$u(t) = A(t) \cos(2\pi f_p t + \varphi)$$

Dans la pratique, on multiplie le signal porteur initialement de la forme  $u_p(t) = u_{p,0} \cos(2\pi f_p t)$  par un signal de basse fréquence de la forme  $u_m(t) = u_{m,0} \cos(2\pi f_m t + \varphi) + U_0$  où  $U_0$  est une constante (offset). La multiplication s'effectue à l'aide d'un composé appelé multiplieur :

$$u(t) = K u_m(t) u_p(t) = K u_{p,0} U_0 \cos(2\pi f_p t) + K u_{p,0} u_{m,0} \cos(2\pi f_p t) \cos(2\pi f_m t + \varphi)$$

On obtient alors un signal de forme caractéristique :



On remarque que l'enveloppe supérieure du signal modulé correspond au signal modulant.

**Taux de modulation**

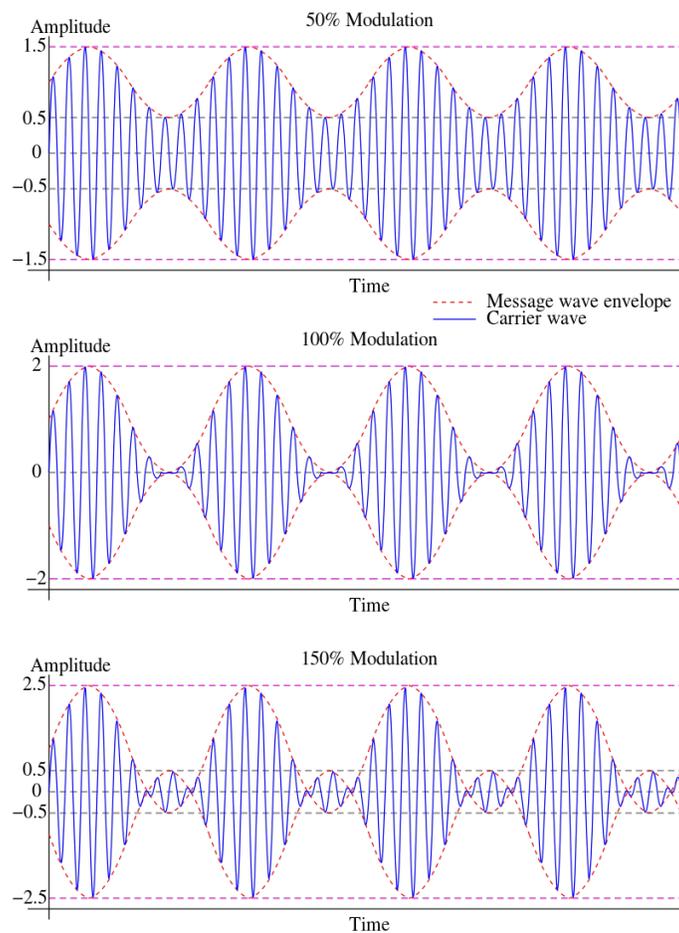


FIGURE 1 – Différents taux de modulation pour le signal modulé.

On définit le taux de modulation du signal comme :

$$m = \frac{u_{m,0}}{U_0}$$

On observe que si  $m$  dépasse les 100%, l'enveloppe de la porteuse ne correspond plus au signal modulant. On parle de *surmodulation*.

## Démodulation par détection synchrone

Récupérer le signal modulant à partir d'un signal modulé se nomme "démodulation". La démodulation synchrone est un type particulier de démodulation. Elle consiste en :

- la multiplication du signal modulé par un signal synchrone avec la porteuse (par exemple la porteuse elle-même),
- l'application d'un filtre passe-bas.

## Annexe II - Multiplieur AD633

Un multiplieur est un composant électronique qui prend en entrée deux tensions  $x(t)$  et  $y(t)$  et éventuellement une troisième tension  $z(t)$  pour délivrer en sortie une tension  $w(t)$  de la forme :

$$w(t) = K \times x(t) \times y(t) + z(t)$$

La constante multiplicative  $K$  vaut typiquement  $K \approx 0,1 \text{ V}^{-1}$ . Il est possible d'annuler la tension  $z(t)$  en branchant la borne correspondante à la masse.

Comme pour un amplificateur opérationnel, il existe des branchements nécessaires au fonctionnement du composant électronique qui réalise l'opération de multiplication. En particulier, un multiplieur est en pratique alimenté entre deux potentiels constants (+15 V et -15 V). L'amplitude de la sortie est donc bornée par construction à 15 V.

