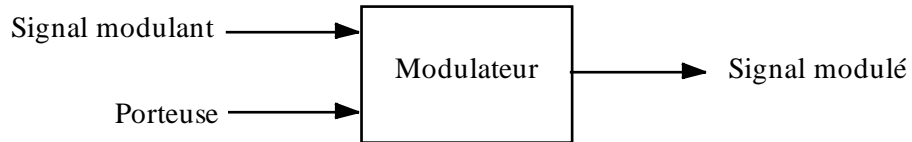


1. Introduction.

Schéma bloc d'un modulateur.

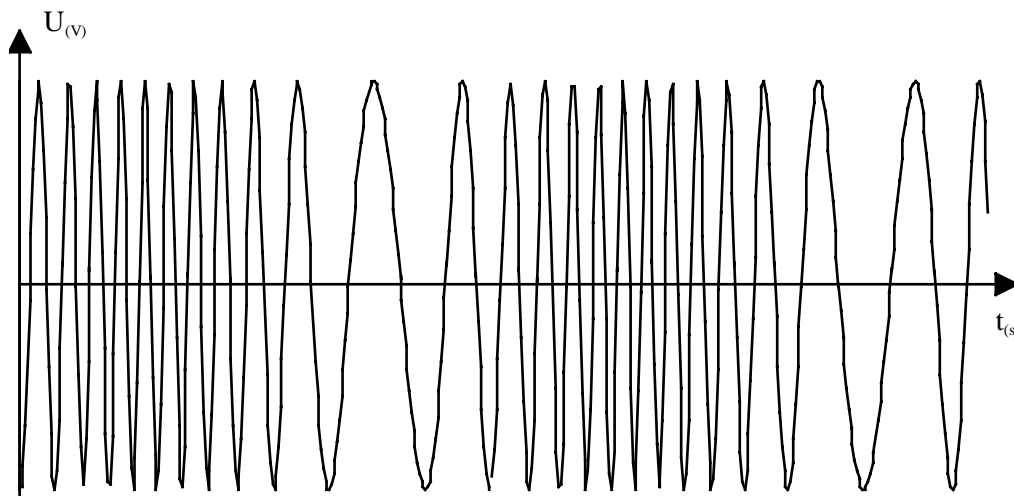


La porteuse est de forme sinusoïdale.

Le signal modulant peut être analogique de forme quelconque ou numérique.

Le paramètre de la porteuse qui varie est la phase (φ), dans l'équation $u = \hat{U} \cdot \sin(\omega \cdot t + \varphi)$

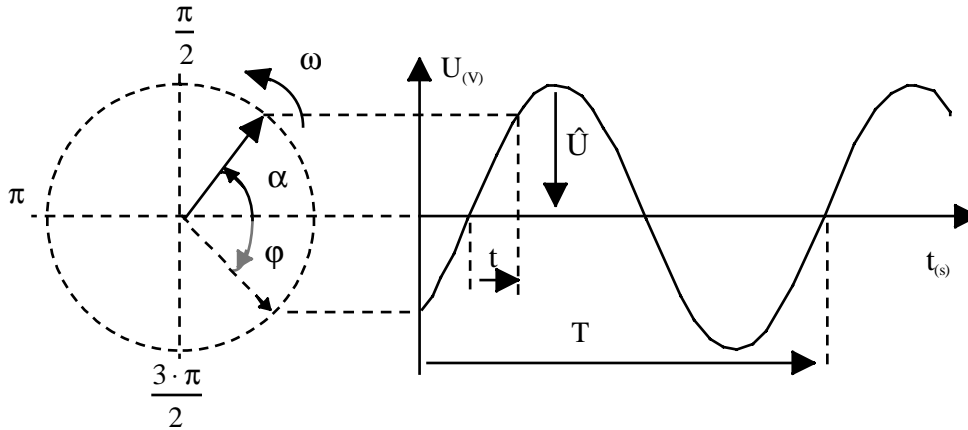
2. Représentation temporelle.



La modulation d'une porteuse en phase par un signal modulant sinusoïdal produit le même résultat que la modulation d'une porteuse en fréquence par un signal modulant sinusoïdal. Par conséquent, les explications données pour une modulation de fréquence s'appliquent sans autre pour la modulation de phase.

Démonstration.

Nous allons démontrer que la modulation phase par un signal modulant sinusoïdal donne le même résultat que la modulation en fréquence par un signal modulant sinusoïdal.



Vitesse

$$v = \frac{d}{t}$$

c' est la circonférence du cercle
 c' est la période du signal

$$\frac{2 \cdot \pi}{T}$$

Vitesse angulaire

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi}{T} = \frac{2 \cdot \pi}{\frac{1}{f}} = 2 \cdot \pi \cdot f$$

Angle de déphasage

un tour du cercle $2 \cdot \pi$ correspond la période T
 l'angle α correspond au temps t
 ce qui permet de poser la proportion suivante :

$$\frac{2 \cdot \pi}{\alpha} = \frac{T}{t} \quad \alpha = \frac{2 \cdot \pi \cdot t}{T} = \frac{2 \cdot \pi \cdot t}{\frac{1}{f}} = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot t = \omega \cdot t$$

Donc, le produit $\omega \cdot t$ représente un angle.

Conclusion

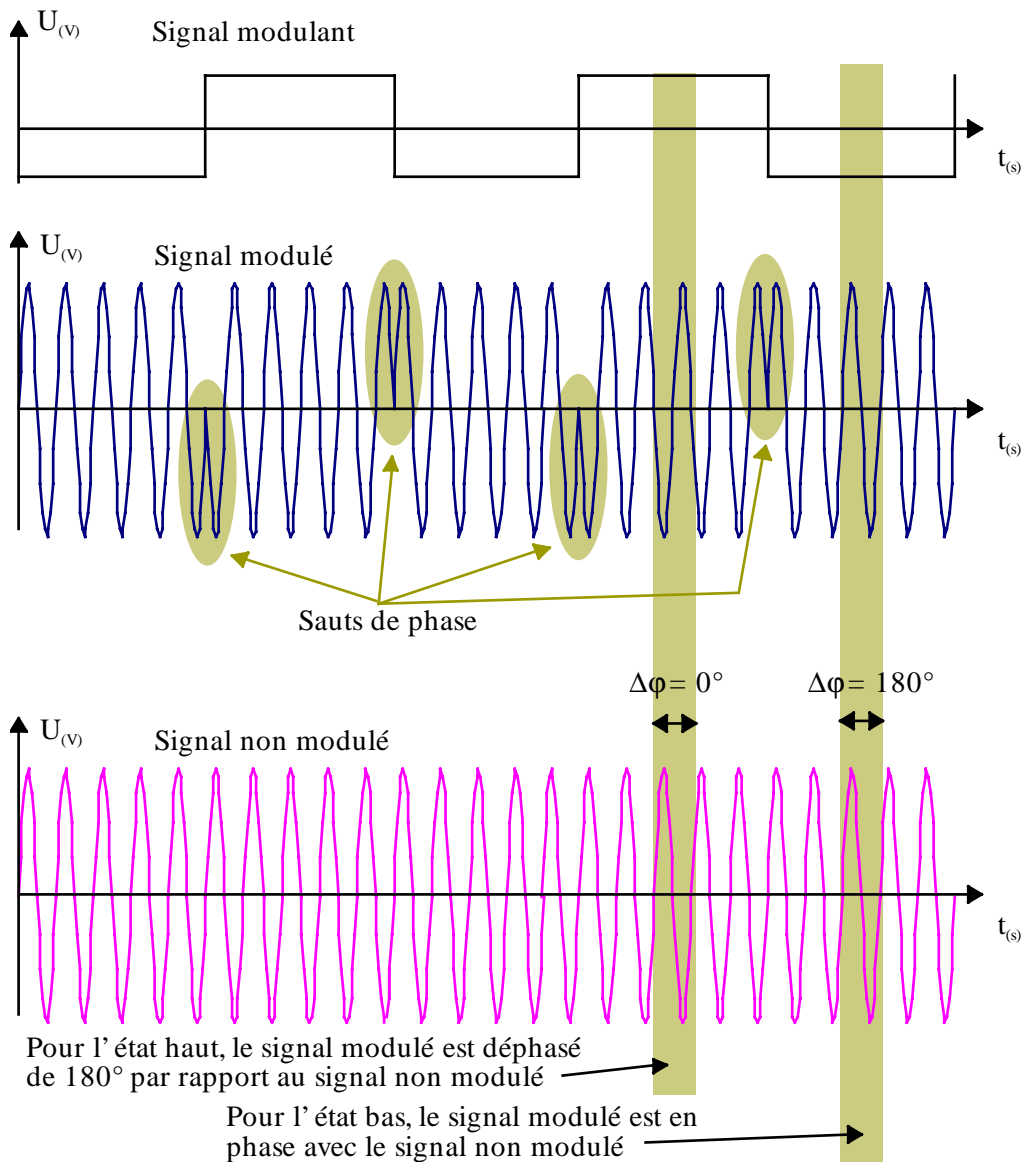
dans l'équation $u = \hat{U} \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot f \cdot t + \varphi)$, le fait de faire varier f ou φ produit le même effet, ce qui permet de dire que :

la modulation d'une porteuse en phase ou en fréquence par un signal sinusoïdal produit le même résultat.

3. Modulation de phase par un signal modulant numérique.

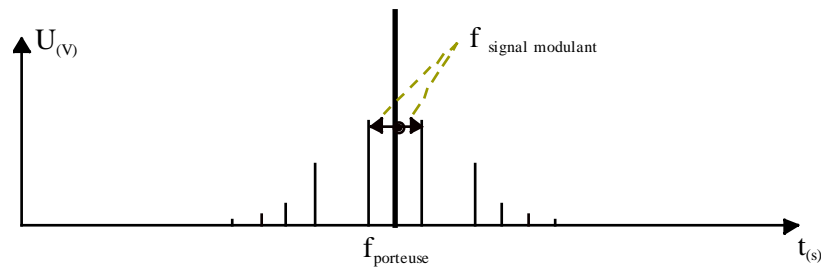
Pour un niveau bas du signal modulant, la phase de la porteuse est inchangée, alors que pour un niveau haut, il y a un **saut de phase** de 180° .

Représentation temporelle.



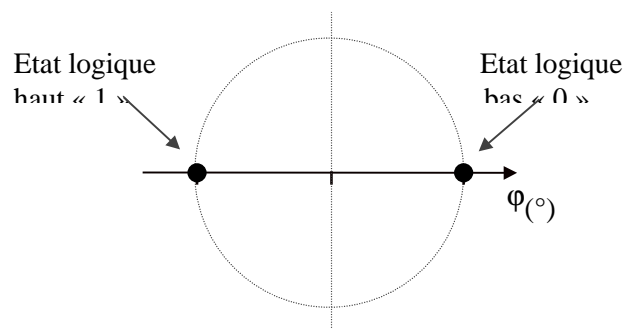
- Ce type de modulation occupe moins de place qu'un signal modulé en fréquence, car il n'y a pas d'excursion de fréquence, mais uniquement un changement de phase de la porteuse.
- Il est possible de créer des sauts de phase inférieurs à 180° . C'est ce qui est utilisé lors de la modulation en quadrature QAM (Quadrature Amplitude Modulation).

Représentation spectrale.



- Dans certains cas, la porteuse peut être absente.
- L'occupation spectrale est moindre que lors d'une modulation de fréquence, car il **ne se produit pas d'excursion de fréquence**.

Représentation vectorielle.



Il n'y a que deux états de phase possibles soit 0° ou 180° .

4. Modulation en quadrature.

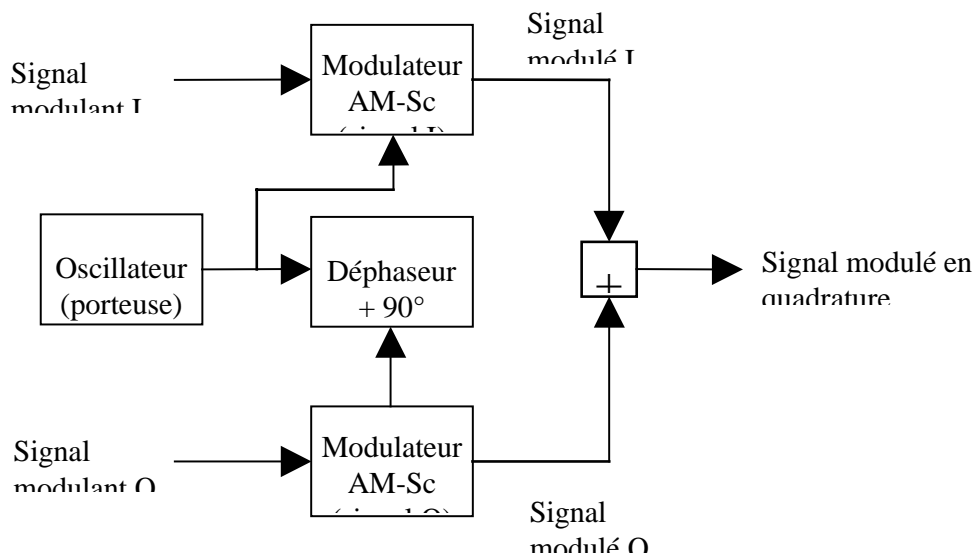
Lorsque le saut de phase désiré doit être différent de 180° , la modulation en quadrature s'impose.

C'est un type de modulation qui consiste à prendre deux porteuses de même fréquence, mais déphasées l'une par rapport à l'autre de 90° (quadrature). Ces porteuses sont ensuite modulées en amplitude, sans porteuse, puis additionnées l'une avec l'autre.

La notation générale des axes est :

- **I** (In phase) pour l'axe représentant l'origine.
- **Q** (quadrature) pour l'axe déphasé de 90° , en avance par rapport à l'axe I.

Schéma de principe du modulateur.



Plusieurs solutions sont à disposition soit :

- ne faire varier que la phase φ de la porteuse ($u = \hat{U} \cdot \sin(\omega \cdot t + \varphi)$)

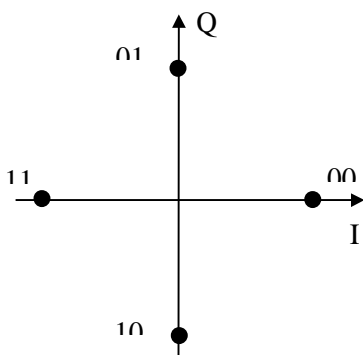
exemple : la modulation QPSK (Quadrature Phase Shift Keying) aussi nommée 4-QAM
(Quadrature Amplitude Modulation à 4 états)

- varier simultanément la tension \hat{U} de la porteuse et la phase φ de celle-ci
($u = \hat{U} \cdot \sin(\omega \cdot t + \varphi)$)

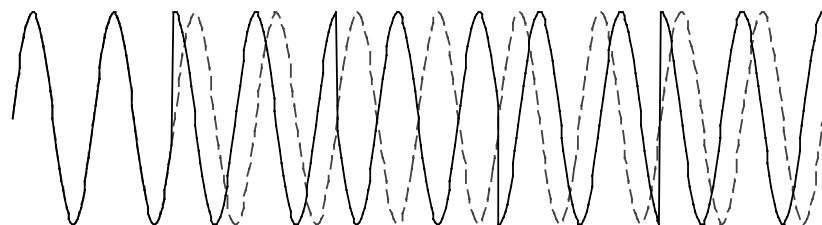
exemple : la modulation de la chrominance (couleur) dans le codage PAL
la modulation 64-QAM.

Exemple signal QPSK

Constellation QPSK



Représentation temporelle



Le trait plein représente le signal modulé,
alors que le traitillé représente la porteuse non modulée.