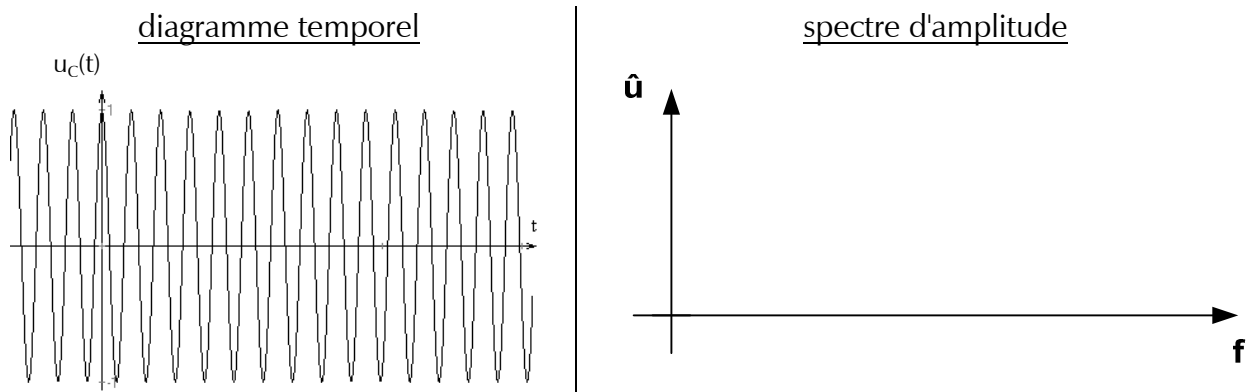


12. Modulateur AM

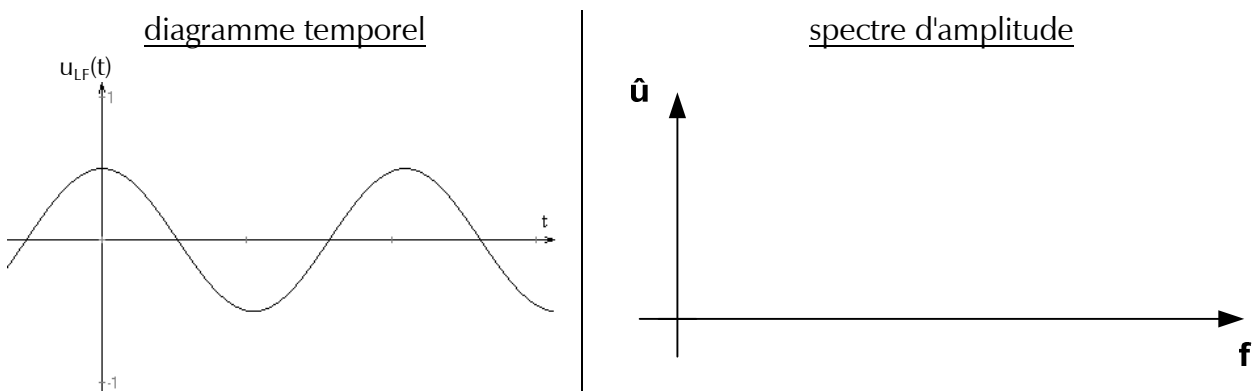
Le but du chapitre est de se familiariser avec les termes techniques en relation avec la modulation en amplitude. Il ne s'agit pas d'entrer dans les détails des circuits de modulation.

12.1 Spectres d'amplitude des signaux en AM

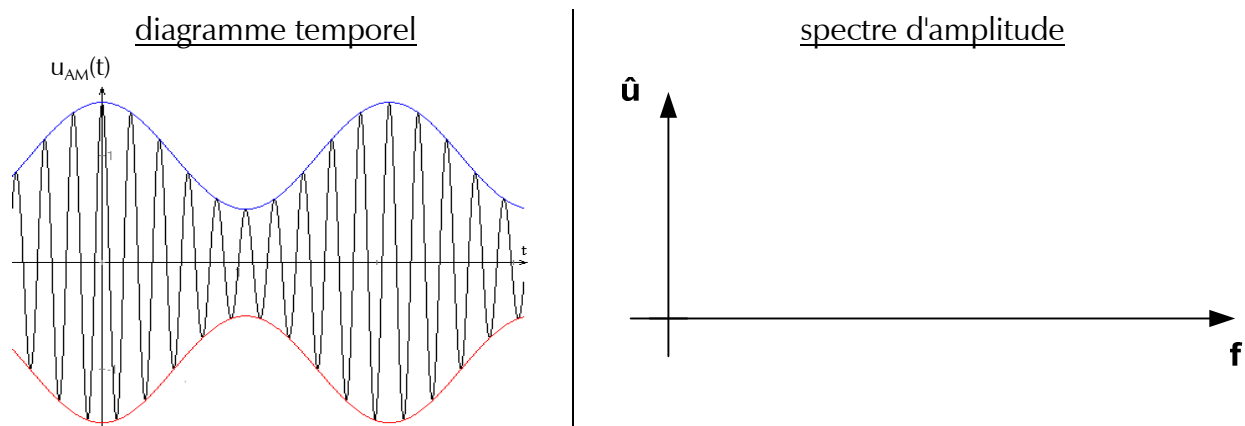
12.1.1 Spectre d'amplitude de la porteuse (angl.: carrier)



12.1.2 Spectre d'amplitude du signal de modulation

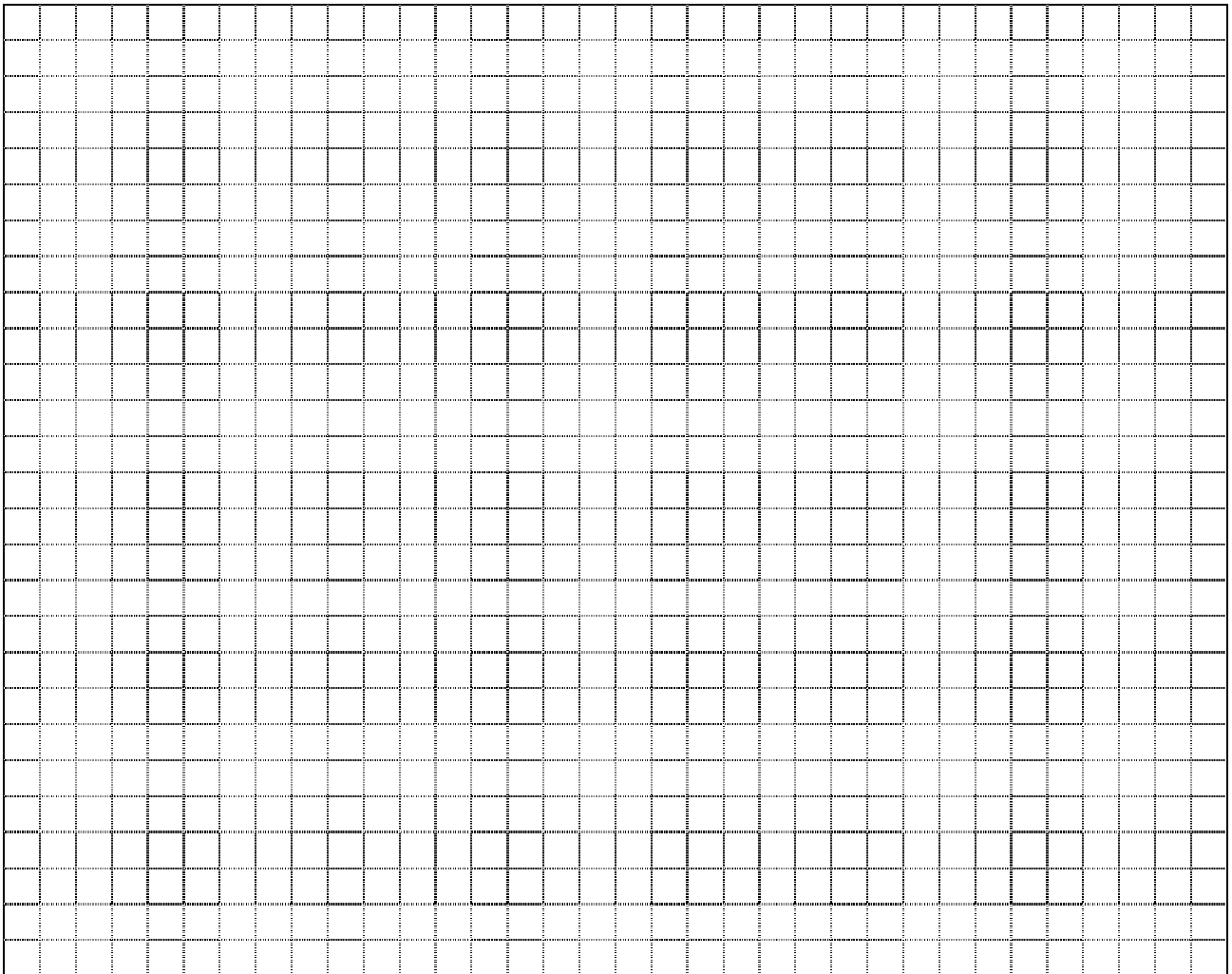


12.1.3 Spectre d'amplitude du signal modulé

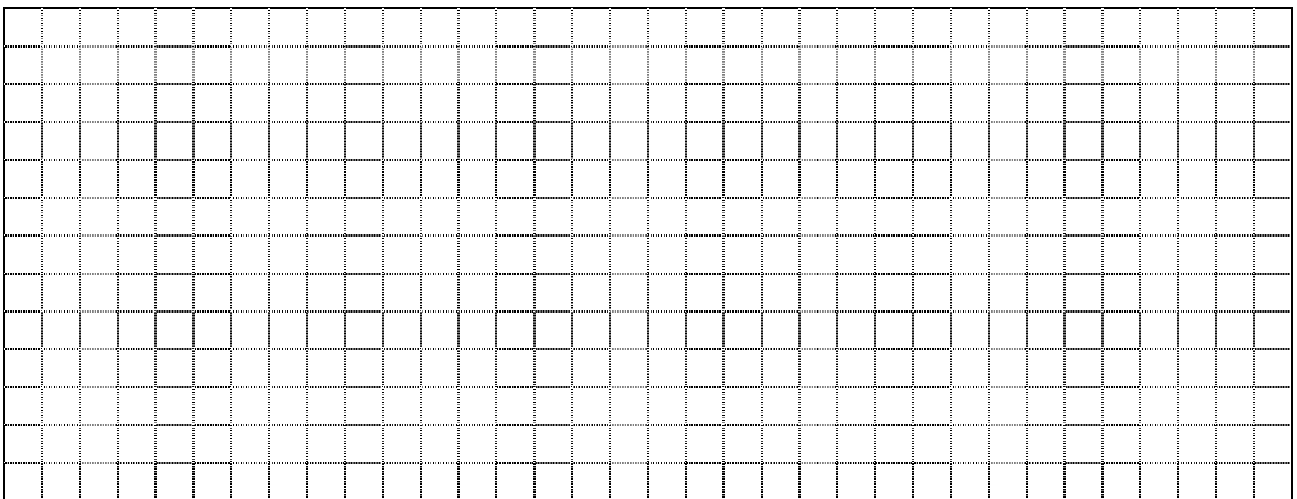


Démonstration:

Le spectre d'amplitude du signal modulé se laisse vérifier mathématiquement.



observations:



Exercice 1:

Tracez pour un signal audio quelconque (=signal aléatoire) le spectre d'amplitude du signal de modulation, de la porteuse et du signal modulée dans un seul diagramme.

**définitions:**

On appelle bande de base (angl.: baseband) la plage des fréquences occupée par un signal de modulation.

On appelle bande latérale inférieure (angl.: LSB, lower side band) la moitié inférieure de la plage des fréquences occupée par un signal modulé.

On appelle bande latérale supérieure (angl.: USB, upper side band) la moitié supérieure de la plage des fréquences occupée par le signal modulé.

On appelle largeur de bande (angl.: bandwidth) la différence entre la plus grande et la plus petite fréquence contenue dans un signal.

On appelle largeur du canal (angl.: channel bandwidth) la largeur de bande réservé à un signal modulé.

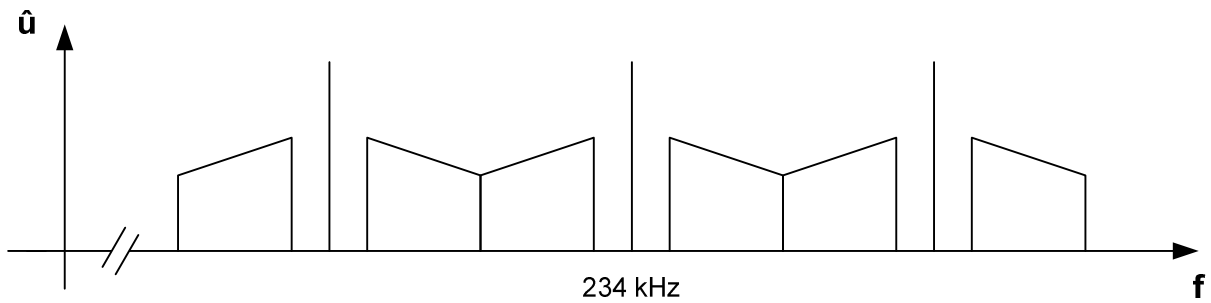
Exercice 2:

- Quelle est la largeur de bande du baseband dans l'exercice 1?
- Quelle est la largeur du canal nécessaire pour transmettre le signal modulé dans l'exercice 1 sans perte?

Exercice 3:

RTL France émet en bande d'ondes longues sur la fréquence 234 kHz à partir d'un émetteur à Beidweiler (Luxembourg).

- a) Quelles sont les deux fréquences les plus proches à celle d'RTL sur laquelle une autre station radio peut émettre, tout en évitant que les spectres des deux stations se superposent? La largeur de bande du signal audio soit comme dans l'exercice 1.



- b) La bande des fréquences réservée pour la radiodiffusion en ondes longues est de 148,5 kHz à 283,5 kHz. Quel est le nombre de stations radio qui peuvent émettre en ondes longues si la largeur de bande du signal audio est comme dans l'exercice 1?
- c) Comparez votre résultat du point b) avec la liste des stations radio en onde longue dont vous trouvez un extrait sur la page suivante. Dans quel point votre calcul au point b) ne correspond pas à la réalité?

Extraits de quelques émetteurs d'ondes longues:

216 kHz	<u>Radio Monte Carlo</u>	 <u>Monaco</u>	<u>Roumoules</u>	Directional aerial, 3 300 metre high guyed steel lattice masts, 330 metre high guyed steel lattice mast as backup aerial	1200 kW	Transmitter site extr-territorial, exclave of Monaco
225 kHz	<u>Polskie Radio Program 1</u>	 <u>Poland</u>	<u>Solec Kujawski</u>	Directional aerial, 2 guyed radio masts fed on the top, heights 330 m and 289 m	1000 kW	Earlier transmitter site <u>Konstantynów</u>
234 kHz	<u>RTL</u>	 <u>Luxembourg</u>	<u>Beidweiler</u>	Directional aerial, 3 guyed grounded steel lattice masts, 290 m high, with vertical cage aerials	2000 kW	Spare transmitter site <u>Junglinster</u>
	<u>Radio 1</u>	 <u>Russia</u>	<u>Krasny Bor transmitter</u>	Omnidirectional aerial, 271.5 metres tall guyed mast with cage antenna	1200 kW	May be inactive at present
243 kHz (DRM)	<u>DR Kalundborg</u>	 <u>Denmark</u>	<u>Kalundborg</u>	Semi-directional Alexanderson aerial 153/333 degrees, two grounded 118 m steel lattice radiating towers with interconnecting top wire capacitance	300 kW	AM suspended 2007, reduced-power DRM from October 2008
252 kHz	<u>Chaîne 1</u>	 <u>Algeria</u>	<u>Tipaza</u>	Omnidirectional aerial, single guyed lattice steel mast, height 355 m	1500 kW	French programme; during night-time half transmitter-power
	<u>RTÉ Radio 1</u>	 <u>Ireland</u>	<u>Clarkestown</u>	Omnidirectional aerial, guyed steel lattice mast, insulated against ground, height 248 m	500 kW	Now the only AM transmitter for RTÉ Radio 1. Decreases power at night to 100kW.
261 kHz	<u>Transmitter Burg</u>	 <u>Germany</u>	<u>Burg</u>	Omnidirectional aerial, cage aerial on 324 m high guyed, grounded steel lattice mast, 210 m high steel tube mast, insulated against ground	200 kW	Inactive at the moment, formerly used by <u>Radio Wolga</u> and <u>Radoropa Info</u>
	<u>Radio Rossii</u>	 <u>Russia</u>	<u>Taldom</u>	Omnidirectional aerial, central mast, 275 metre tall, surrounded by 5 guyed masts on a circle around	2500 kW	Most powerful transmitter in the world
	<u>Radio Horizont</u>	 <u>Bulgaria</u>	<u>Vakarel</u>	One of the few Blaw-Knox Towers in Europe, 215m high	75 kW	

12.2 Indice de modulation

L'indice de modulation est une mesure pour le volume du signal transmit. Il est définit comme suit:

$$m = \frac{\hat{u}_{LF}}{\hat{u}_C}$$

\hat{u}_{LF} est la valeur de crête (ou amplitude) d'une des enveloppes en volt [V]

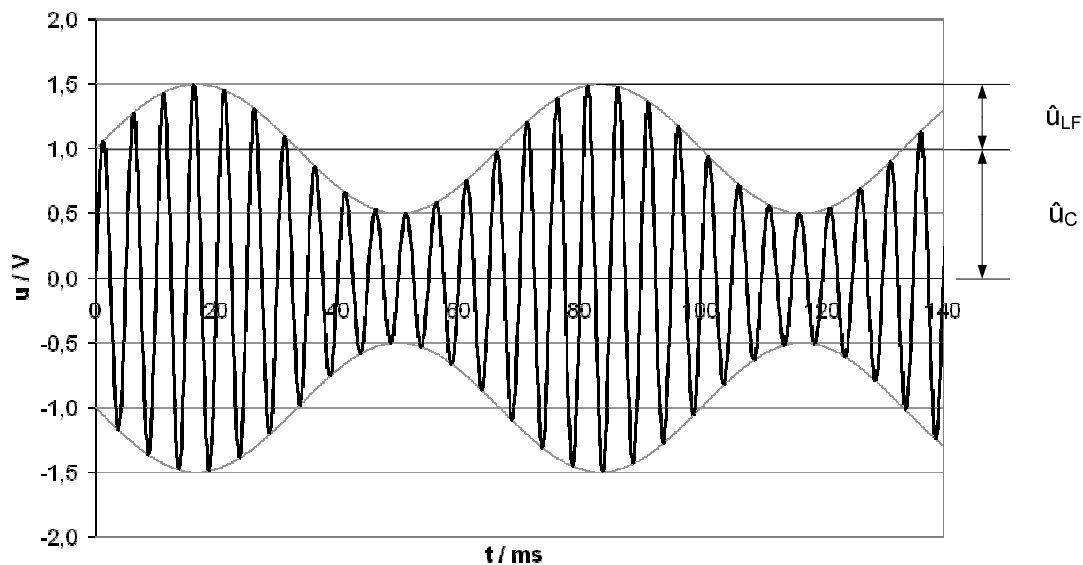
\hat{u}_C est la valeur de crête (ou amplitude) de la porteuse en volt [V]

m est l'indice de modulation (sans unité)

L'indice de modulation est parfois exprimé en pourcents. $m=1 \hat{=} m=100\%$.

Exercice 4:

Soit l'oscillogramme suivant:



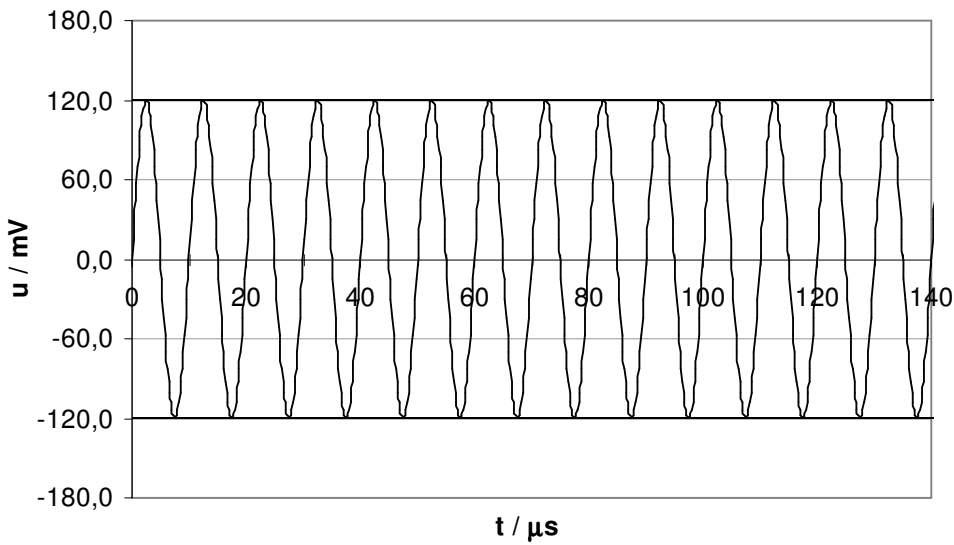
- Déterminez la valeur de crête d'une des enveloppes.
- Déterminez la valeur de crête de la porteuse.
- Déterminez l'indice de modulation en pourcent.

A retenir:

Le plus grand le degré de modulation est,
le plus fort le volume du signal transmis sera.

Exercice 5:

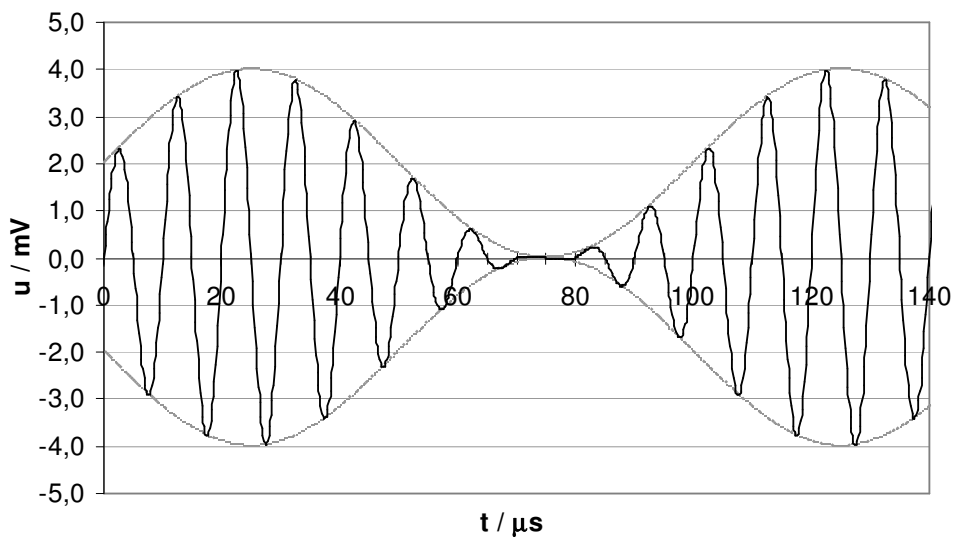
Déterminez l'indice de modulation des signaux suivants:



$\hat{u}_{LF} =$ _____

$\hat{u}_C =$ _____

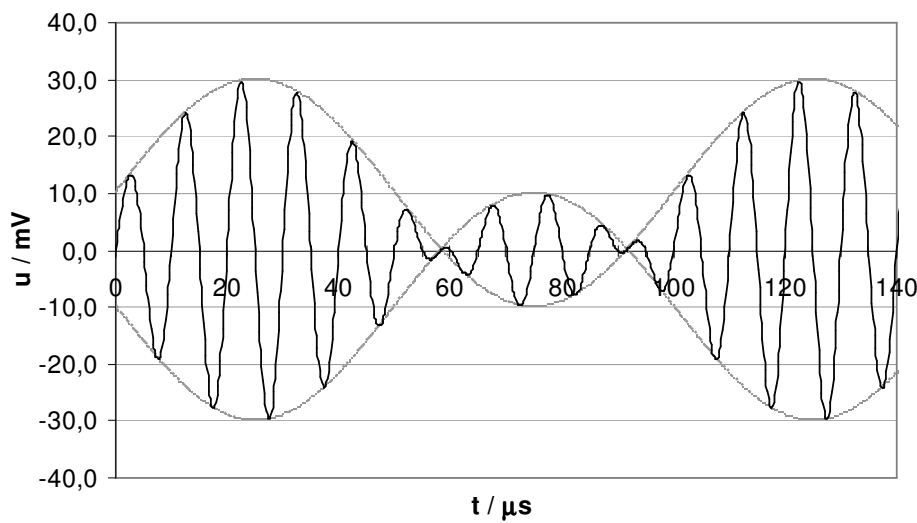
$m =$ _____



$\hat{u}_{LF} =$ _____

$\hat{u}_C =$ _____

$m =$ _____



$\hat{u}_{LF} =$ _____

$\hat{u}_C =$ _____

$m =$ _____

définition:

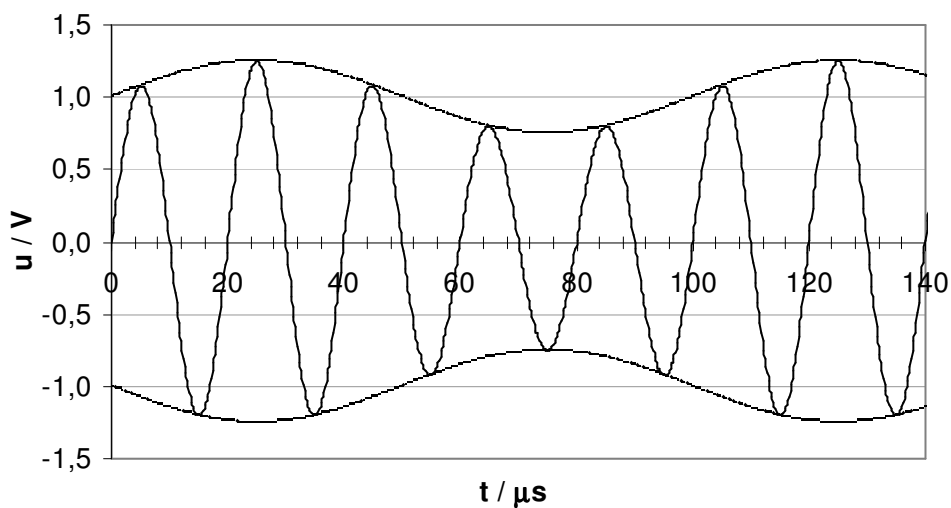
On parle de surmodulation si l'indice de modulation est plus grand que 100%. Dans ce cas le démodulateur ne sait plus reconstruire correctement le signal de modulation à partir du signal modulé. Le signal démodulé va être distordu. C'est pourquoi en radiodiffusion (LW, MW, SW) on limite le degré de modulation à 70%.

Exercice 6:

Lequel des trois signaux dans l'exercice 5 est surmodulé? Argumentez votre réponse.

Exercice 7:

Soit l'oscillogramme suivant:

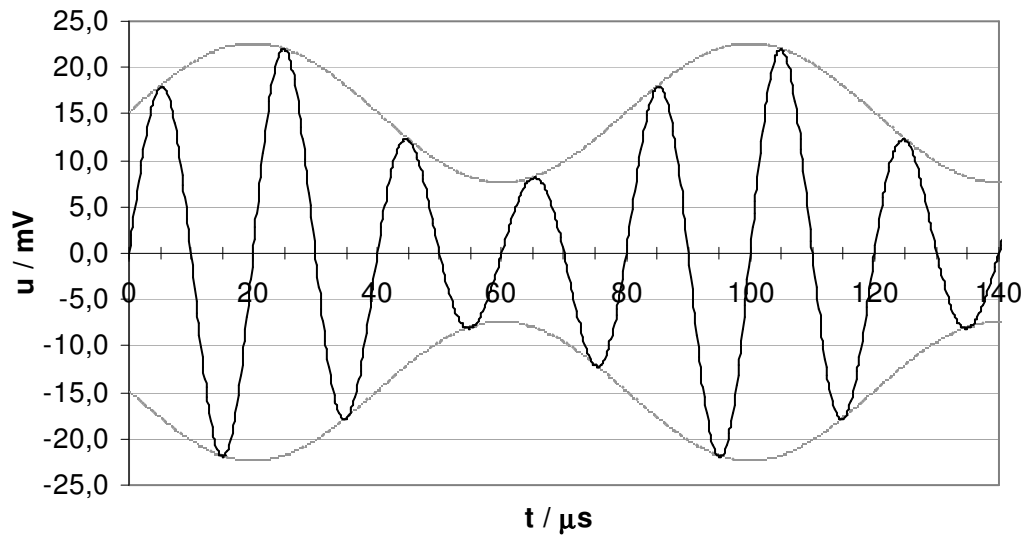


- Déterminez la fréquence de la porteuse.
- Déterminez la fréquence du signal de modulation.
- Déterminez l'indice de modulation.

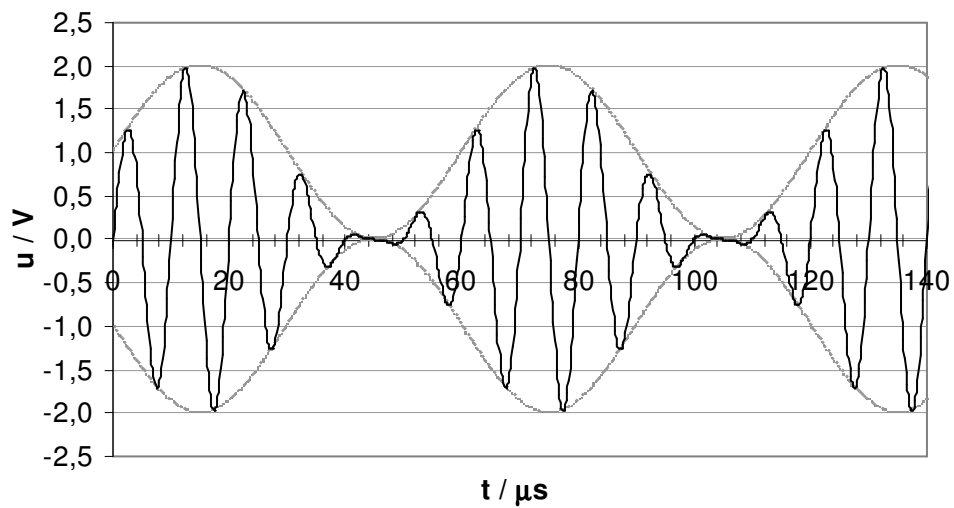
Exercice 8:

Tracez le spectre de chacun des signaux suivants. Indiquez auprès de chaque ligne spectrale les valeurs exactes de la fréquence et de l'amplitude.

a)



b)



12.3 Répartition de la puissance dans le signal modulé

Exercice 9:

Supposez qu'on émette un son de 1kHz avec un indice de modulation de 100% sur l'émetteur à Beidweiler (2000kW). La puissance de 2000kW est la somme des puissances contenues dans toutes les lignes spectrales que l'émetteur produit.

a) Quelle est la puissance contenue dans chaque bande latérale?

Rappel: Si on fait la tension sur une résistance 2 fois plus petite, alors la puissance va devenir _____ fois plus petite.

b) Tracez le spectre $P=f(f)$ de cette situation.

c) Tracez le spectre $P_{dBm}=f(f)$ de cette situation.