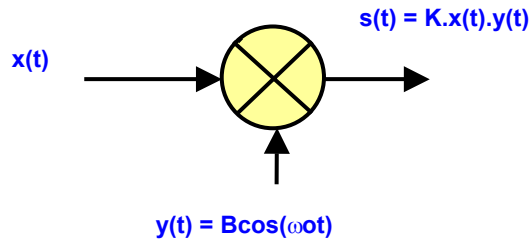


## La fonction : « changement de fréquence »



comprendre en quoi consiste le mélange, fonction de base des télécommunications

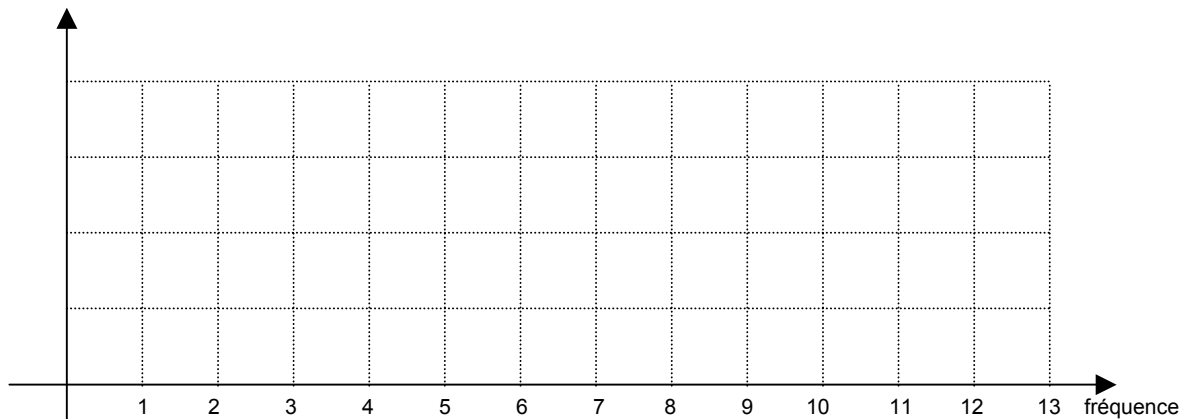
Pour mélanger deux signaux  $x(t)$  et  $y(t)$ , on utilise un multiplieur selon le montage suivant :



Le multiplieur est caractérisé par une constante  $K = 4$  et le signal  $y(t)$  est un signal sinusoïdal d'amplitude 2V et de fréquence 4 MHz.

1) Le signal  $x(t)$  est sinusoïdal :  $x(t) = A\cos(\omega t)$  avec  $A = 0,2V$  et  $f = 5$  MHz. Etablir l'expression mathématique de la tension de sortie  $s(t)$ .

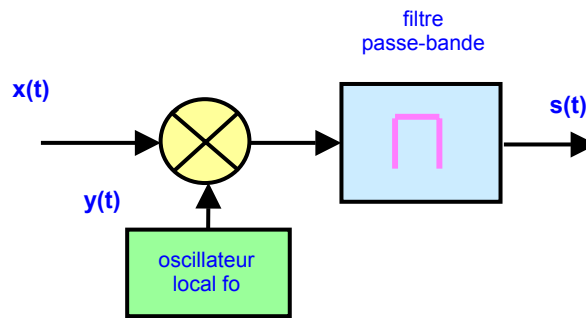
2) Tracer le spectre du signal de sortie  $s(t)$  .



3) On ne conserve que la raie de fréquence élevée. Quel étage faut-il ajouter au montage ?

Compléter le schéma ci-dessus pour obtenir ce résultat. On dit alors qu'on a changé la fréquence du signal  $x(t)$  qui est passée de 5 MHz à ..... MHz.

4) Le signal  $y(t)$  provient en général d'un oscillateur sinusoïdal appelé « oscillateur local ». Le mélangeur est utilisé pour **élever la fréquence** du signal  $x(t)$  :



On désire faire passer le signal  $x(t)$  d'une fréquence de 5 MHz à une fréquence de 100 MHz. Montrer qu'il y a deux solutions possibles :

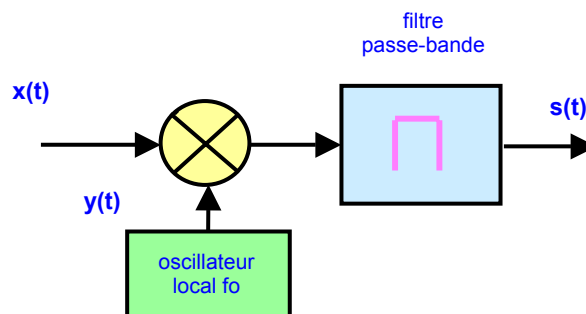
- Solution 1 :  $f_0 = \dots\dots\dots$  MHz      filtre passe-bande centré sur  $\dots\dots\dots$  MHz

Le filtre doit éliminer le signal à la fréquence  $\dots\dots\dots$  MHz

- Solution 2 :  $f_0 = \dots\dots\dots$  MHz      filtre passe-bande centré sur  $\dots\dots\dots$  MHz

Le filtre doit éliminer le signal à la fréquence  $\dots\dots\dots$  MHz

5) Le mélangeur est maintenant utilisé pour **abaisser la fréquence** du signal  $x(t)$  de 920 MHz à 160 MHz :



Montrer qu'il y a de nouveau deux solutions possibles :

- Solution 1 :  $f_0 = \dots\dots\dots$  MHz      filtre passe-bande centré sur  $\dots\dots\dots$  MHz

Le filtre doit éliminer le signal à la fréquence  $\dots\dots\dots$  MHz

- Solution 2 :  $f_0 = \dots\dots\dots$  MHz      filtre passe-bande centré sur  $\dots\dots\dots$  MHz

Le filtre doit éliminer le signal à la fréquence  $\dots\dots\dots$  MHz

**Remarque :** ce problème a **toujours** deux solutions possibles. Le choix de l'une des solutions se fait par le concepteur du produit (émetteur, récepteur) en fonction de diverses contraintes technologiques.

## Les mélangeurs dans un téléphone GSM

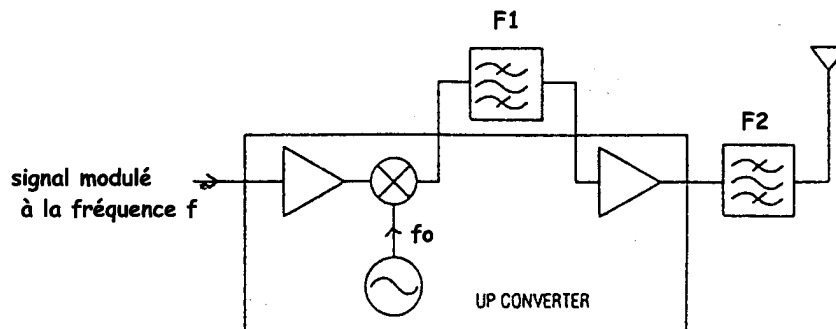


apprendre à définir la structure d'un dispositif de télécommunication

1) Dans un téléphone GSM, l'émission vers la station de base (bande montante) se fait sur l'un des 125 canaux suivants :

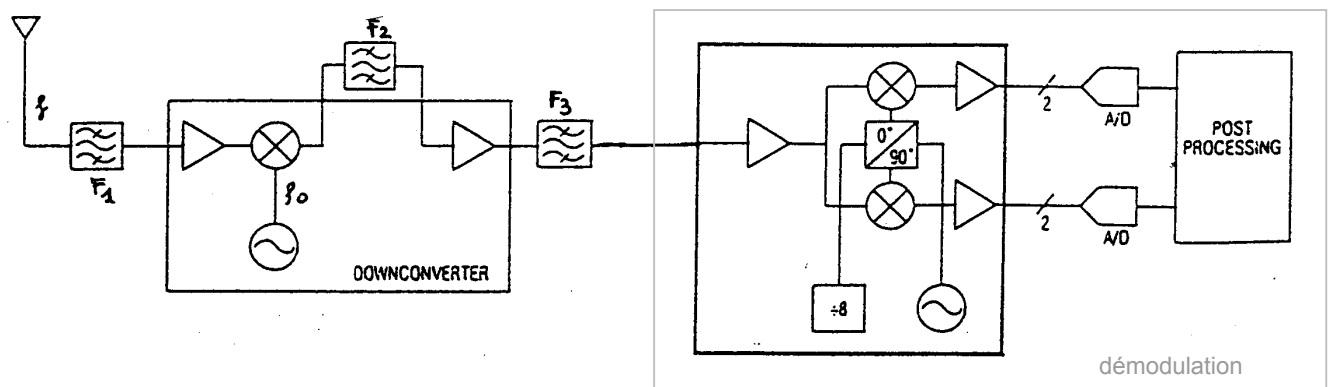
- canal 0 : 890 MHz
- canal 1 : 890,2 MHz ...
- canal 124 : 914,8 MHz
- pas entre deux canaux : 200 kHz

Un signal sinusoïdal à  $f = 120$  MHz est modulé par l'information à transmettre. Puis cette porteuse modulée est déplacée dans le canal d'émission alloué par la station de base par le circuit ci-dessous :



Caractériser l'oscillateur local (on choisira la valeur la plus basse possible) et les deux filtres F1 et F2.

2) L'étage de réception d'un téléphone GSM a la structure suivante :



La gamme des fréquence à recevoir (bande descendante) va de 935 MHz à 960 MHz :

- canal 0 : 935 MHz
- canal 1 : 935,2 MHz ...
- canal 124 : 959,8 MHz
- pas entre deux canaux : 200 kHz

La fréquence intermédiaire est à  $f_i = F_2 = F_3 = 70$  MHz et l'oscillateur local est placé en-dessous de la fréquence à recevoir.

Caractériser l'oscillateur local et les filtres F1, F2 et F3.



## Questions

**1** La modification de la fréquence d'un signal sinusoïdal pur ou modulé :

	Vrai	Faux
a) peut se faire à l'aide d'un filtre	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b) se fait à l'aide d'un multiplieur	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c) nécessite toujours un filtre passe-bande centré sur la fréquence de départ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d) nécessite toujours un filtre passe-bande centré sur la fréquence d'arrivée	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e) est toujours accompagnée d'une atténuation du signal	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
f) est une fonction très courante dans les équipements de télécommunication	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
g) cette fonction ne se rencontre que dans les récepteurs	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

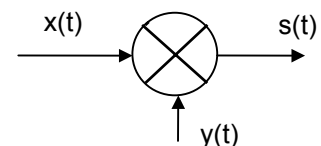
**2** Un mélangeur est attaqué par 2 signaux sinusoïdaux à  $f_1 = 100$  MHz et  $f_2 = 110$  MHz. Si le mélangeur est parfait, la sortie :

	Vrai	Faux
a) a un spectre formé de 2 raies	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b) a une fréquence $f = f_1 \cdot f_2 = 11000$ MHz	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c) contient du 100 MHz et du 210 MHz	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d) contient du 210 MHz et du 10 MHz	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e) est en général sinusoïdale	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
f) contient toujours plus de 2 raies si le mélangeur n'est pas parfait	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
g) dans ce cas, elle peut contenir du 100 MHz, ou du 110 MHz, ou du 200 MHz, ou du 220 MHz	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**3** Un mélangeur supposé parfait a un gain de conversion entre  $x(t)$  et  $s(t)$  de 6 dB. On lui applique deux signaux sinusoïdaux dont les expressions sont :

$$x(t) = 2\cos(\omega_1 t) \quad \text{et} \quad y(t) = 3\cos(\omega_2 t)$$

avec  $f_1 = 10$  MHz et  $f_2 = 12$  MHz



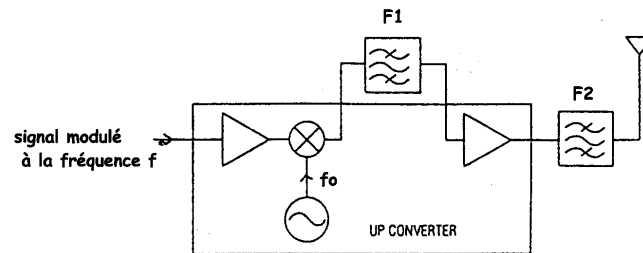
	Vrai	Faux
a) le signal en sortie du mélangeur est parfaitement sinusoïdal	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b) en sortie du mélangeur, on a du 2 MHz et du 22 MHz	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c) l'amplification introduite par le mélangeur entre $x(t)$ et $s(t)$ est de $A=3$	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d) le niveau du signal à 2 MHz est de 4 V crête	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e) en général, on supprime la composante non souhaitée par un filtre réjecteur	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
f) si on veut changer le 10 MHz en 22 MHz, il faut faire suivre le multiplieur par un filtre passe-bande centré sur 22 MHz	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
g) si le signal $x(t)$ est modulé, le même montage permet aussi de le déplacer à 22 MHz	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**4** Pour transposer un signal modulé de 140 MHz à 890 MHz, il faut :

- a) lui ajouter une sinusoïde à 750 MHz
- b) le faire passer dans un filtre centré sur 750 MHz
- c) le multiplier par un signal sinusoïdal à 750 MHz puis le filtrer
- d) le déformer pour générer des harmoniques

Vrai	Faux
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

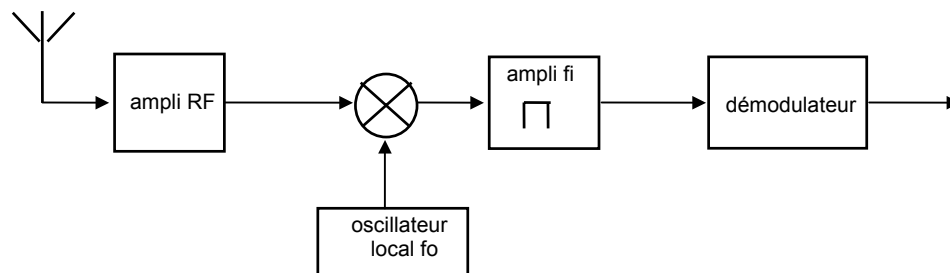
**5** Dans un GSM la porteuse à 120 MHz est modulée par l'information à transmettre. Pour déplacer la porteuse dans un des 125 canaux (  $F_{\min} = 890$  MHz, pas 200 kHz ) on utilise le circuit ci-dessous :



- a) pour changer de canal, il faut faire varier le niveau de l'oscillateur local
- b) pour transposer le signal à 890 MHz, on règle l'oscillateur local à  $f_o = 770$  MHz
- c) pour cette opération, on peut aussi régler l'oscillateur local à 1030 MHz
- d) le filtre F1 fixe est centré sur 890 MHz et a une largeur de 200 kHz
- e) le filtre F2 sert à filtrer les éventuels harmoniques générés par l'ampli de sortie

Vrai	Faux
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**6** Un récepteur à changement de fréquence est prévu pour recevoir la bande allant de 14 à 18 MHz, avec un oscillateur local placé en-dessous de la fréquence à recevoir et une  $f_i$  à 455 kHz.



- a) l'oscillateur local va de 14,455 à 18,455 MHz
- b) pour  $f_o = 15,2$  MHz, on capte la fréquence 15,655 MHz
- c) pour  $f_o = 15,2$  MHz, on peut aussi capter la fréquence 14,745 MHz
- d) la fréquence 14,745 MHz est la fréquence image de 15,655 MHz
- e) pour éviter la réception de la fréquence image, on utilise un filtre  $f_i$  très sélectif
- f) le filtre  $f_i$  est le plus souvent un filtre céramique
- g) autrefois, on utilisait des circuits LC pour réaliser les filtres  $f_i$
- h) le gabarit du filtre  $f_i$  est important pour la sélectivité du récepteur
- i) la suppression de la fréquence image est plus facile si la  $f_i$  a une valeur faible

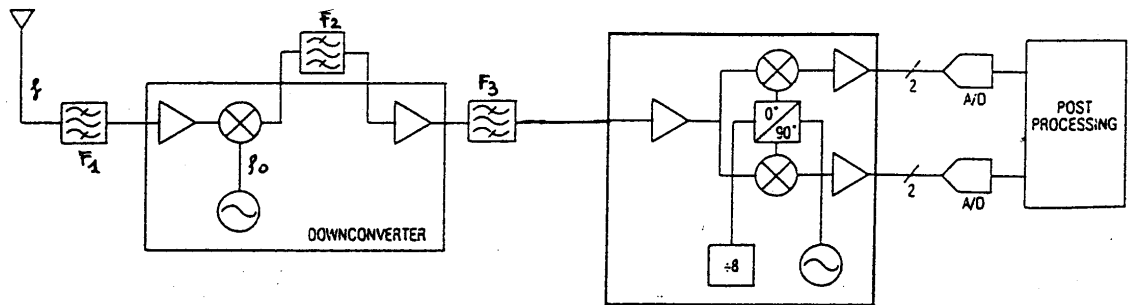
Vrai	Faux
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**7** En réception, la fréquence image :

- a) est créée dans le récepteur et ne contient pas d'information
- b) est la fréquence de la station adjacente à la station reçue
- c) est normalement filtrée par l'amplificateur RF d'entrée
- d) est égale au double de la fréquence intermédiaire

Vrai	Faux
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**8** L'étage de réception d'un téléphone GSM a la structure suivante :



La gamme des fréquences à recevoir va de  $f_{\min} = 935 \text{ MHz}$  à  $f_{\max} = 959,8 \text{ MHz}$  par pas de 200 kHz et la fréquence intermédiaire est fixée à  $f_i = 70 \text{ MHz}$ . Une émission occupe une bande de 200 kHz.

- a) l'oscillateur local doit couvrir la gamme allant de 865 à 889,8 MHz
- b) le filtre  $F_1$  est accordé l'émetteur à recevoir
- c) le changement de canal se fait en changeant la valeur de l'oscillateur local
- d) le filtre  $F_2$  fixe a une largeur de 200 kHz et est centré sur 70 MHz
- e) pour recevoir le 935MHz, on fixe  $f_o=865\text{MHz}$  et la fréquence image vaut 1075MHz
- f) le filtre  $F_1$  sert à éliminer la fréquence image
- g) le filtre  $F_1$  ne sert qu'à éliminer la fréquence image

Vrai	Faux
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**9** Les différents types de mélangeurs :

- a) la cellule de Gilbert est le type de mélangeur le plus utilisé car facile à intégrer
- b) la cellule de Gilbert a l'inconvénient de ne pas avoir de gain de conversion
- c) la cellule de Gilbert peut être montée en oscillateur, ce qui permet de réaliser à la fois la fonction de multiplication et celle d'oscillateur local
- d) les mélangeurs à cellule de Gilbert montent actuellement sans problème à 2 GHz
- e) aux fréquences supérieures à quelques GHz, le mélangeur le plus utilisé est la diode
- f) une diode, un transistor ou un AOp peuvent être utilisés pour faire du mélange
- g) tous les composants ayant une caractéristique présentant une partie arrondie peuvent être utilisés pour faire du mélange
- h) un amplificateur audio peut faire du mélange
- i) une enceinte acoustique peut faire du mélange
- j) le mélange fait par un mélangeur en HF est exactement la même chose que ce que fait une table de mixage pour le son en BF

Vrai	Faux
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>