

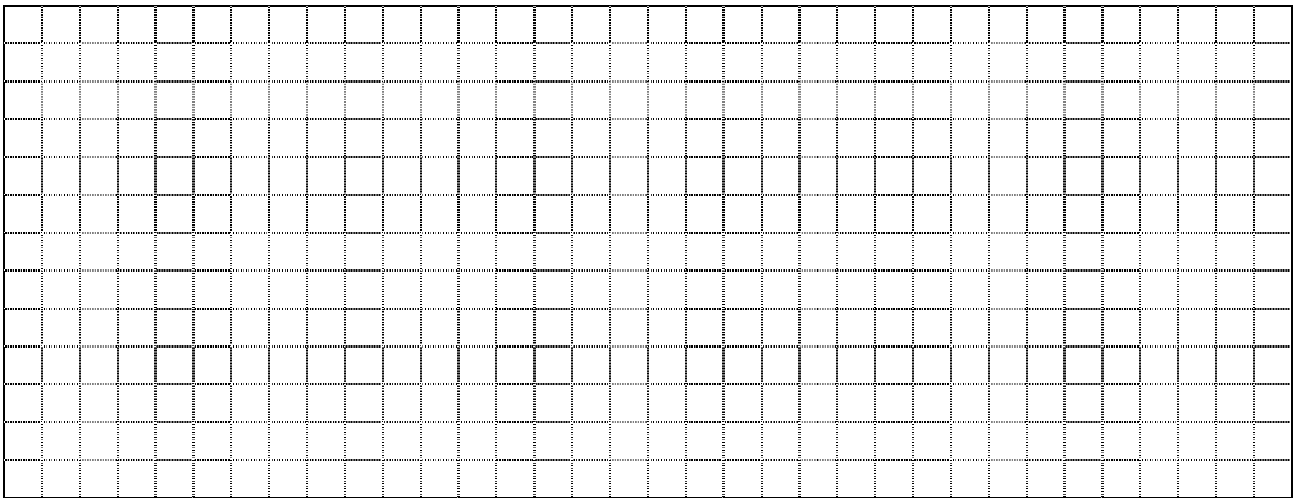
## 14. Récepteurs AM

(sources: cours TECAV T2ECF de Gerry Neu, [www.wikipedia.de](http://www.wikipedia.de))

En pratique les diagrammes en bloc des récepteurs sont plus complexes que celui vu au chapitre "Transmission". En AM on trouve surtout deux types de récepteurs:

### 14.1 Le récepteur à amplification directe

schéma en bloc du récepteur à amplification directe:



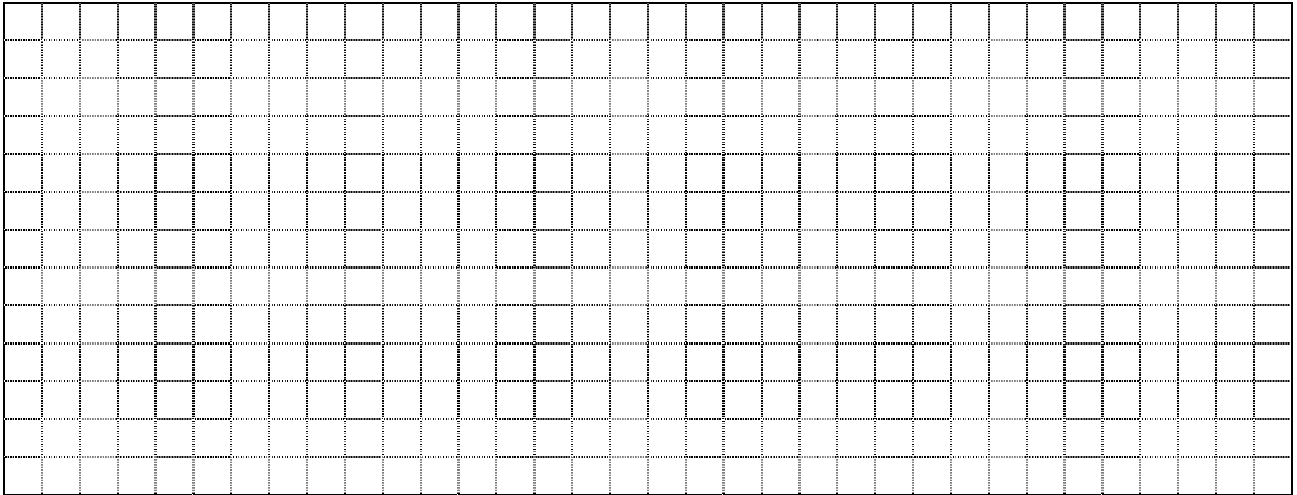
L'antenne transforme les ondes électromagnétiques captées en une tension alternative à hautes fréquences. Cette tension représente un mélange de tous les signaux modulés captés. A l'aide du premier filtre passe-bande on essaie d'éliminer toutes les fréquences qui ne font pas partie du signal modulée de la station radio qu'on veut écouter. Pour augmenter la sélectivité du filtrage on rajoute un deuxième filtre passe-bande après une première amplification. Les fréquences de résonance des deux filtres peuvent être modifiées à l'aide de deux condensateurs variables et liés mécaniquement pour garantir que les deux fréquences de résonance soient identiques. Après un deuxième étage d'amplification HF le signal AM est démodulé.

**En pratique il s'avère difficile de construire des filtres qui sont variables et sélectifs en même temps.** En plus il est quasiment impossible de garantir la synchronisation des fréquences de résonance ( $f_{1_0} = f_{2_0}$ ) des deux filtres sur toute la bande des fréquences radio (LW à VHF). C'est pourquoi le récepteur à amplification directe ne peut être utilisé que pour les bandes LW et MW.

## 14.2 Le récepteur superhétérodyne

### 14.2.1 Principe

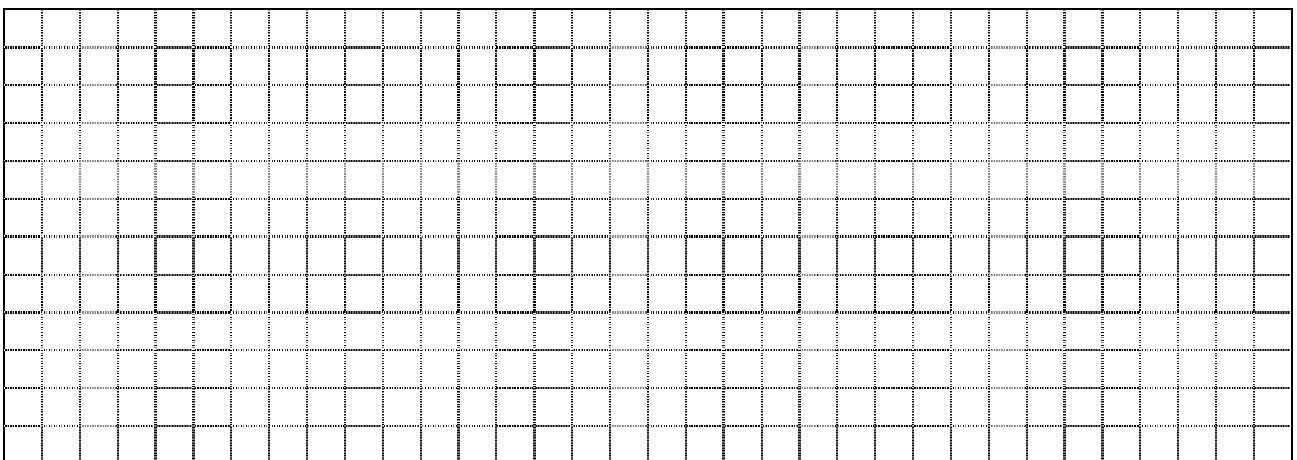
schéma en bloc du récepteur superhétérodyne:



Le récepteur superhétérodyne travaille avec un filtre passe-bande qui a une très petite bande passante, mais dont la fréquence de résonance n'est pas variable. On appelle ce filtre aussi filtre intermédiaire (angl.: IF filter). En modulation AM la fréquence intermédiaire a été fixée à 460kHz.

**Le rôle du mélangeur est de déplacer le spectre du signal modulé qu'on veut écouter de façon à ce qu'il soit centré sur la fréquence intermédiaire.**

déplacement du spectre à l'aide du mélangeur:



Le mélangeur est alimenté par le signal modulé et une tension sinusoïdale. La fréquence de la tension sinusoïdale détermine le déplacement du spectre.

### 14.2.2 Le mélangeur

En pratique on peut utiliser un modulateur comme mélangeur.

rappel:

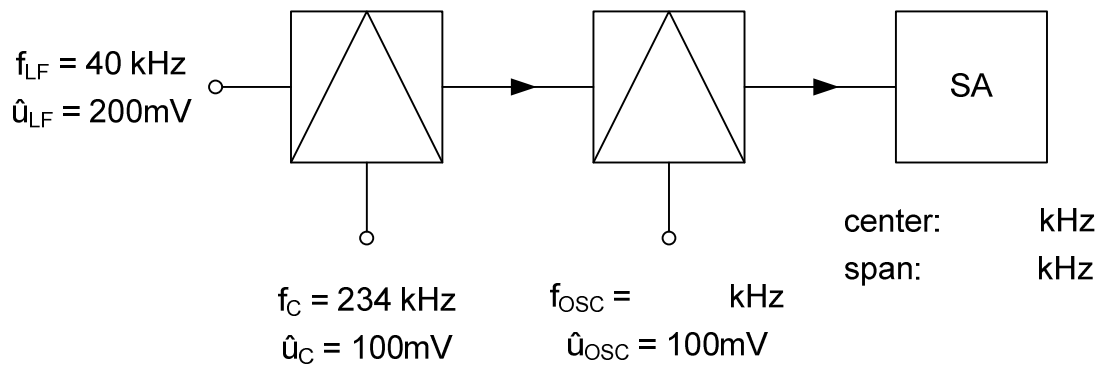


conséquence:



spectre de tous les signaux en cause:



**Démo mélangeur:****Exercice 1:**

- a) Déterminez les fréquences de l'oscillateur nécessaire pour déplacer les signaux modulés des stations radio suivantes sur la fréquence intermédiaire.

station	$f_C$	$f_{IF}$	$f_{OSC}$
France Inter	162 kHz	460 kHz	
RTL (France)	234 kHz	460 kHz	
RTL (Allemagne)	1440 kHz	460 kHz	

- b) Quelle est la formule pour calculez  $f_{OSC}$  à partir de  $f_C$  et  $f_{IF}$ ?

**Exercice 2:**

Tracez les spectres typiques des tous les signaux du récepteur superhétérodyne. Le signal modulant soit un sinus.

spectre du signal à la sortie de l'antenne:



spectre du signal à la sortie du pré-filtre:



spectre du signal à la sortie du mélangeur:



spectre du signal à la sortie du filtre IF:



spectre du signal à la sortie du démodulateur:



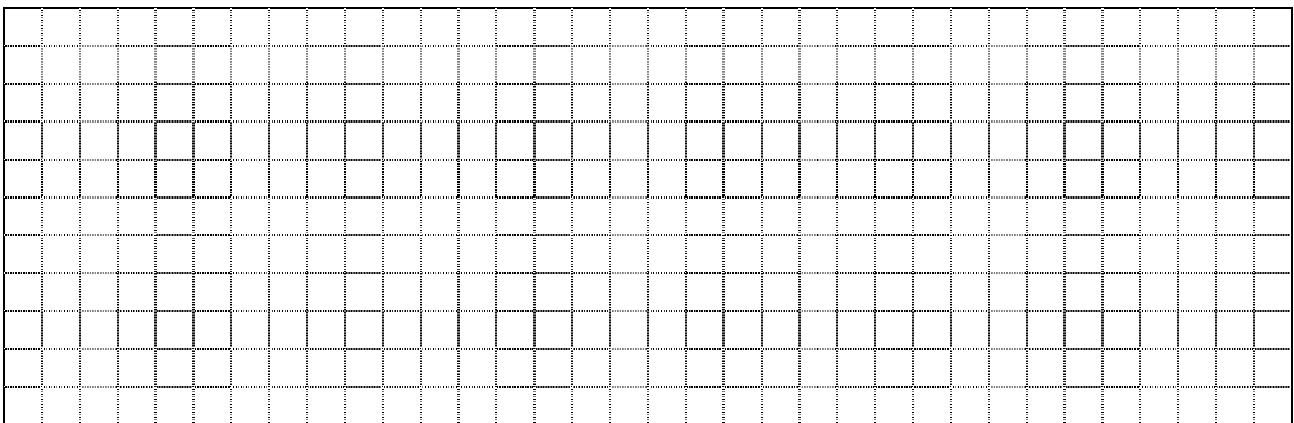
### 14.3 Le pré-filtre

Au lieu d'utiliser un filtre passe-bande RLC en série (voir chapitre 4.9) comme filtre pré-filtre, c'est plutôt le circuit LC en parallèle qui est utilisé parce que l'absence de la résistance fait qu'on ne perd pas autant de puissance.

#### Exercice 3:

- Quelle est la valeur de l'impédance  $Z$  si  $f = 0\text{Hz}$ ,  $f = f_0$  et  $f \rightarrow +\infty$  ?
- Tracez approximativement la courbe  $Z=f(f)$  du circuit.
- Déterminez la formule pour calculer la fréquence de résonance du filtre LC si on connaît la valeur de  $L$  et de  $C$ .

#### le filtre LC intégré dans le récepteur:



Vis-à-vis des basses et des hautes fréquences le circuit LC se comporte comme un court-circuit. Comme l'antenne est une source de tension avec une très grande résistance interne, la tension de sortie  $u_{\text{OUT}}$  s'annule pour ces fréquences.

#### Exercice 4:

Entre quelles valeurs est-ce qu'on doit varier la capacité  $C$  du condensateur dans le pré-filtre d'un récepteur pour pouvoir choisir entre toutes les stations radio de la bande MW (526,5 kHz et 1606,5 kHz) si l'inductance  $L$  de la bobine est égale à 1mH?

## 14.4 Diode à capacité variable (diode varicap)

### 14.4.1 Introduction

Pour choisir une station radio sur un récepteur il faut adapter la fréquence de résonance  $f_0$  du pré-filtre et la fréquence d'oscillation  $f_{OSC}$  de l'oscillateur. Dans les deux cas ceci est réalisé en variant la capacité d'un condensateur.

Sur les anciennes radios la variation de la capacité était réalisée mécaniquement en variant la surface de superposition de deux ou plusieurs plaques métalliques. Aujourd'hui on utilise plutôt des diodes à capacité variable, aussi appelée diode varicap, pour accorder la radio sur la station souhaitée. Les avantages principaux des varicaps sont:

- La taille d'un varicap est très petite.
- La capacité du varicap est électriquement et non mécaniquement variable (voir chapitre suivant).

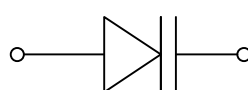
condensateur variable



varicap



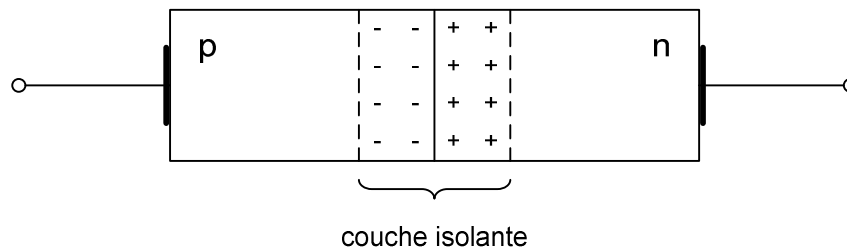
### symbole de la diode varicap:



## 14.4.2 Fonctionnement

### Rappel sur la diode:

Si on met un semi-conducteur dopé P en contact avec un semi-conducteur dopé N il se forme une couche isolante très mince à la surface de contact. Cette couche est chargée et forme donc un petit condensateur.



Si on applique une tension négative à la diode la couche isolante va s'élargir. Ceci diminue la capacité de la couche isolante (conformément au condensateur classique  $C \sim 1/d$ ).

<http://olli.informatik.uni-oldenburg.de/weteis/weteis/diode.htm>

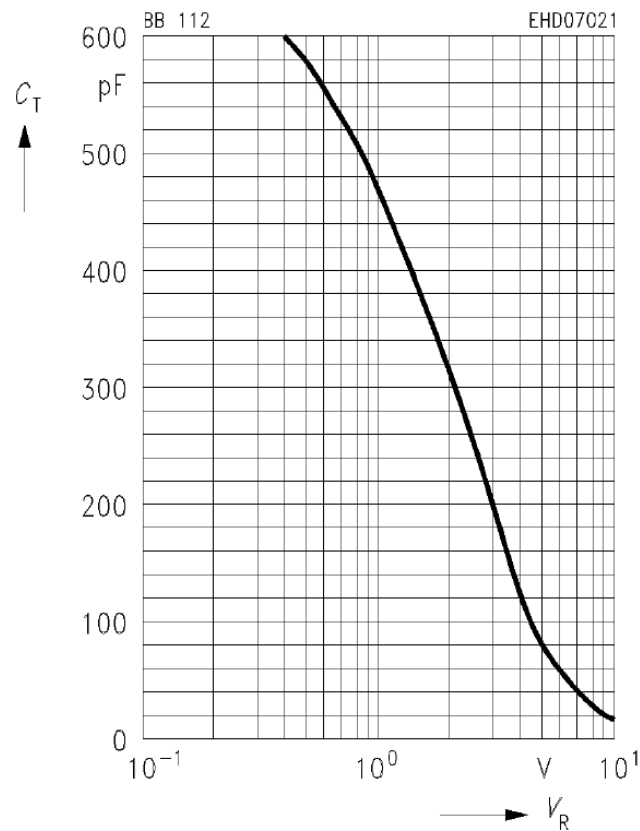
### La diode varicap:

Une diode varicap est une diode qui est construite de façon à ce que la capacité de la couche isolante soit particulièrement grande. La capacité du varicap varie en fonction de la tension appliquée. Cette tension est appelée tension d'accord, puisqu'elle accorde la fréquence du filtre passe bande variable du récepteur.

Similaire aux diodes Zener les diodes varicap sont toujours branchées en état bloquant.



courbe caractéristique du varicap BB112:

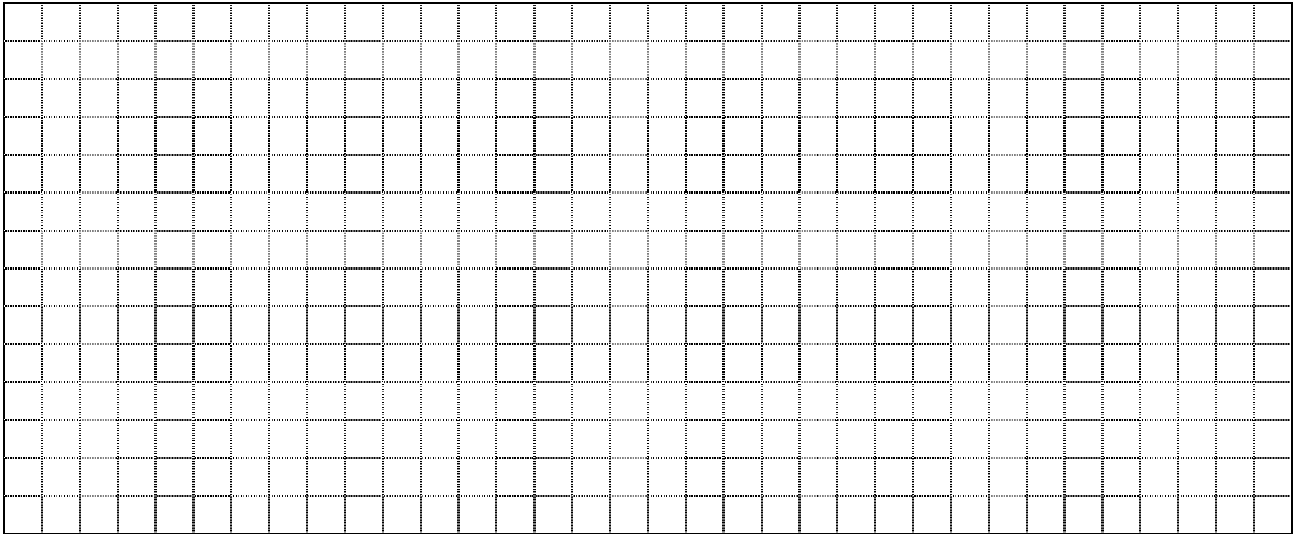


valeurs caractéristiques de quelques varicaps:

	$U_{R/V}$	$C_{pF}$ bei	$U_{R/V}$	Anwendungen
BB 104	30	14 bis 40	30 bis 3	UKW-Abstimmung (100 MHz)
BB 105	28	2 bis 17,5	25 bis 1	VHF/UHF-Abstimmung (200 bis 800 MHz)
BB 113	32	13 bis 250	30 bis 1	LMK-Abstimmung

### 14.4.3 Intégration du varicap dans le filtre LC

circuit:



La tension d'accord  $U_A$  est branchée via la résistance  $R_i$  sur le varicap pour varier sa capacité. Les tensions alternatives qui sont captées par l'antenne passent par le condensateur de découplage  $C_D$  et traversent le varicap. La résistance  $R_i$  évite que les tensions alternatives soient court-circuitées par l'alimentation continue. Le condensateur de découplage  $C_D$  évite que la tension continue soit court-circuitée par la bobine.

La capacité  $C_D$  est si grande que sa réactance capacitive  $X_C$  peut être négligée pour les tensions à haute fréquence. Pour les signaux captés le varicap est donc branchée en parallèle au condensateur  $C_F$ . Pour la capacité totale  $C_{TOT}$  à considérer pour le calcul de la fréquence de résonance  $f_0$  il vaut donc:

$$C_{TOT} = C_V + C_F$$

**Exercice 5:**

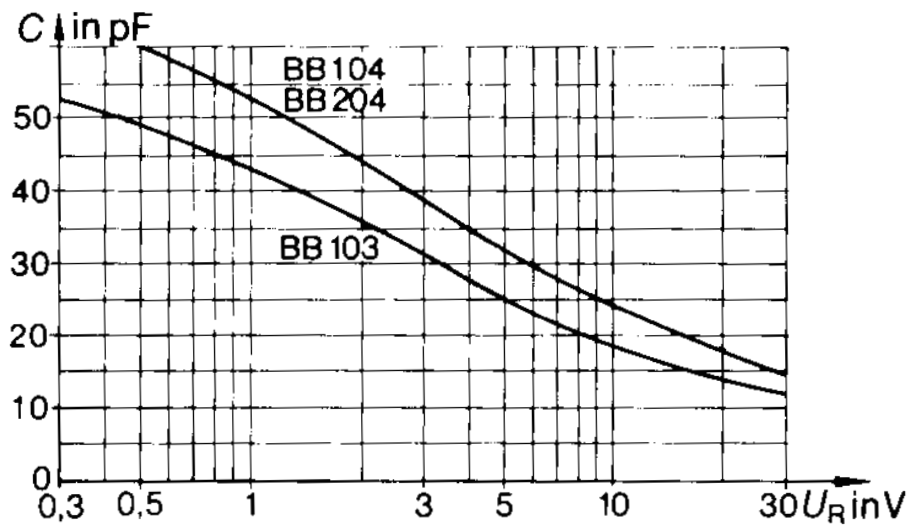
Déterminez la plage des fréquences de résonance si:

$$L = 1\text{mH}$$

$$C_F = 10\text{pF}$$

Varicap: BB204

tension d'accord: 1 à 30V



## 14.5 Oscillateur

### Définition:

Un oscillateur est un circuit qui transforme une tension continue en une tension sinusoïdale à haute fréquence.

### Circuit de l'oscillateur de Meissner:

voir l'essai sur l'oscillateur

### Fonctionnement:

L'oscillateur de Meissner est un amplificateur à émetteur commun où on a remplacé la résistance  $R_C$  par un circuit LC en parallèle. Ceci fait que le circuit amplifie surtout les fréquences autour de la fréquence de résonance du filtre. (Voir aussi l'exercice sur l'influence de la résistance  $R_C$  sur le gain d'un amplificateur à émetteur commun et voir aussi l'essai sur le filtre LC)

La particularité principale du circuit de l'oscillateur de Meissner est pourtant qu'il crée son propre signal d'entrée à l'aide d'une contre-réaction positive.

#### **explication:**

En général on comprend par contre-réaction le fait de retourner une partie du signal de sortie vers l'entrée et de la soustraire du signal d'entrée (voir aussi chapitre 13.5.2). On utilise cette méthode par exemple pour réduire le gain ou les distorsions d'un amplificateur.

Au lieu de soustraire le signal retourné on peut aussi s'imaginer de l'ajouter au signal d'entrée. Ceci se fait par exemple dans le circuit de l'oscillateur de Meissner pour augmenter d'avantage la sélectivité du circuit.

Pour faire la différence entre les deux sortes de contre-réaction on appelle la première contre-réaction négative et la deuxième contre-réaction positive.

Immédiatement après l'enclenchement du circuit la tension d'entrée  $u_{IN}$  ne consiste que de bruit. Ce bruit est amplifié avec une préférence pour les fréquences autour de la fréquence de résonance. Une partie du signal amplifié retourne sur l'entrée. Comme il s'agit d'une contre-réaction positive le signal retourné s'ajoute au signal d'entrée et renforce les fréquences autour de la fréquence de résonance. Ce signal est de nouveau amplifié tout en continuant de favoriser la fréquence de résonance.

Ce procédé se reproduit jusqu'à ce que le transistor, dû à des effets de saturation, ne sait plus amplifier le signal d'avantage. A cet moment le spectre du signal de sortie s'est réduit à une ligne spectrale où  $f=f_0$ . La tension de sortie est donc devenue sinusoïdale.

Pour produire une contre-réaction positive et donc permettre au circuit de commencer à osciller, il faut que le signal retourné soit à peu près en phase avec le signal d'entrée. L'amplificateur à émetteur commun a pourtant la propriété d'inverser la phase de  $u_{OUT}$ . C'est pourquoi on ne retourne pas la tension de sortie  $u_{OUT}$  mais la tension sur la bobine. Le transformateur d'isolement (1:1) est utilisé pour découpler la tension retourné du circuit.

La deuxième condition pour que l'oscillateur puisse fonctionner est que l'amplitude de la tension retournée dépasse un seuil minimal qui dépend du gain du circuit (voir aussi l'essai sur l'oscillateur).

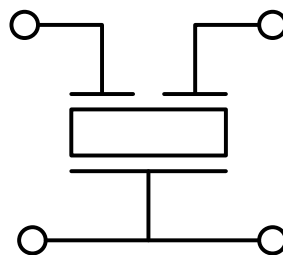
## 14.6 Mélangeur

voir essai sur le mélangeur

## 14.7 Filtre intermédiaire

Le filtre intermédiaire est un filtre passe-bande avec une grande sélectivité (=une grande qualité = une petite bande-passante). En pratique le filtre intermédiaire est réalisé avec un filtre céramique. Celui-ci utilise la caractéristique piézoélectrique de certaines céramiques.

### symbole du filtre céramique:



### fonctionnement:

La tension appliquée d'un côté du filtre provoque une constriction de la céramique. Cette constriction se transmet à l'autre bout et y produit la tension de sortie. Pourtant la transmission de la constriction d'un bout à l'autre n'est possible que si la fréquence de la tension d'entrée est très proche de la fréquence de résonance mécanique de la céramique.

### caractéristiques:

voir essai sur le filtre intermédiaire

## 14.8 Automatic Gain Control (AGC)

Les récepteurs vus jusqu'à présent ont encore un grand désavantage. Le volume du signal audio à la sortie dépend fortement de l'amplitude du signal HF capté par l'antenne. Cette amplitude peut varier d'un facteur 1000 d'une station radio à l'autre car l'amplitude du signal capté dépend de la puissance de sortie de l'émetteur et de la distance entre l'émetteur et le récepteur.

Pour éviter de devoir adapter le volume sur l'appareil en changeant entre les différentes stations captées, il faut impérativement introduire un circuit de régulation du gain (AGC) dans le récepteur.

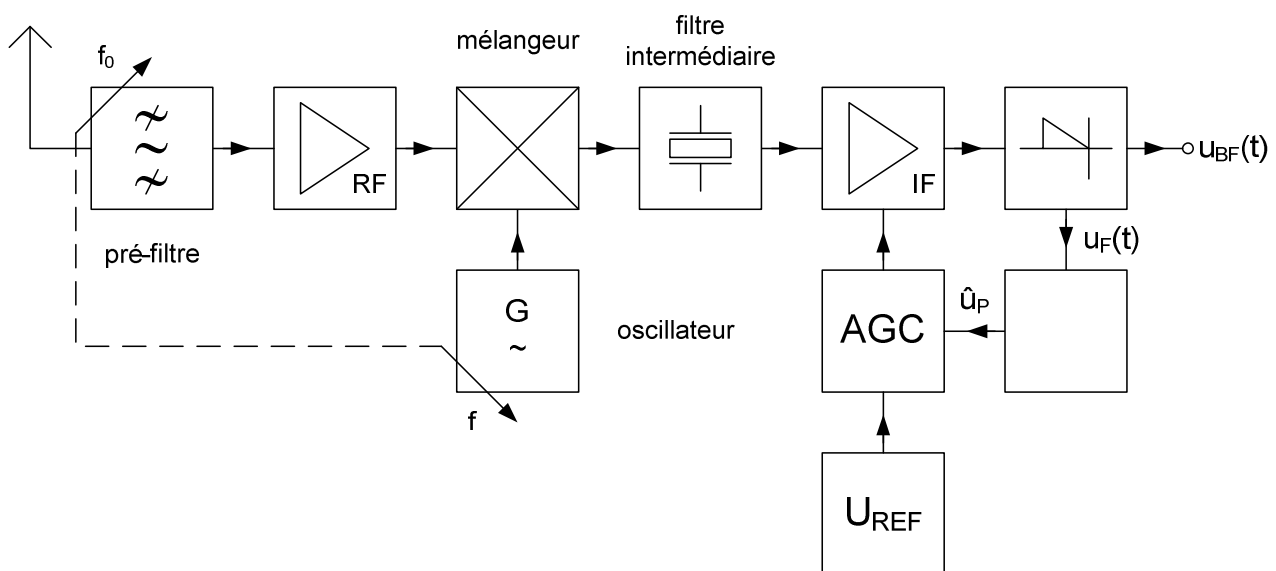
problème:

Pour savoir comment adapter le gain, le circuit de régulation a besoin d'une tension continue qui est un indice pour l'intensité du signal.

solution:

La partie continue de la tension  $u_F$  dans le détecteur d'enveloppe est un indice pour l'amplitude de la porteuse et donc de l'intensité du signal capté.

**schéma en bloc du récepteur superhétérodyne avec système AGC:**



### **Exercice 6:**

Trouvez un circuit qui extrait la partie continue de la tension  $u_F$  du détecteur d'enveloppe.