

RADIO FM

TRANSPPOSITION DE FRÉQUENCE

Conditions :

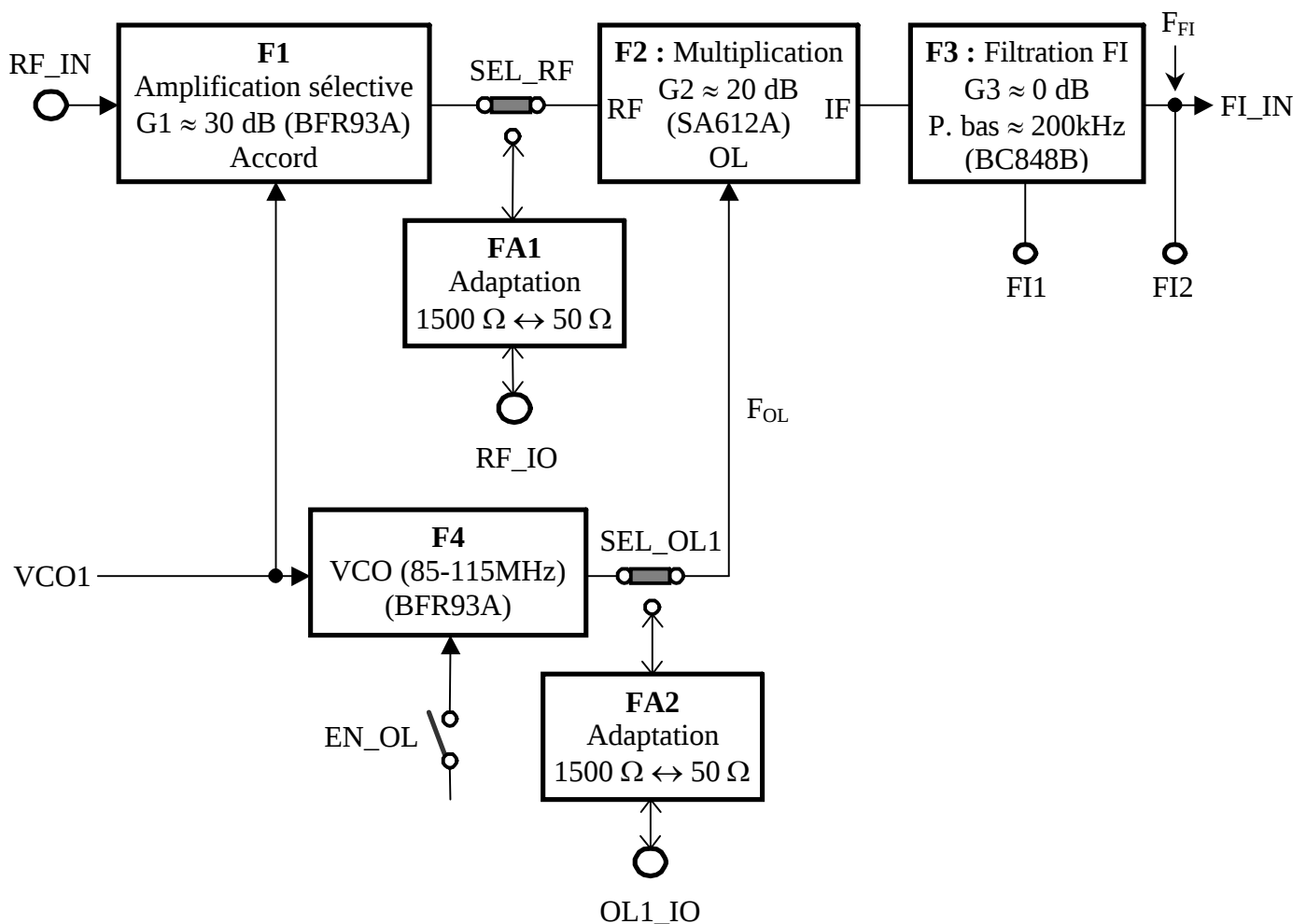
- T.P. "Amplification FI" et "Démodulation" effectués.
- Travail binôme en salle spécialisée.
- Ressources matérielles :
 - Maquette d'étude "Récepteur FM à TDA7088"
 - Générateur RF (120MHz max, -130dBm à -20dBm, modulation FM intégrée)
 - Analyseur de spectre RF (500 MHz min)
 - Oscilloscope numérique (avec fonction fréquencemètre) 100MHz et traversée 50 Ω (ou charge 50 Ω)
 - Un analyseur scalaire installé sur une table isolée. Les binômes viennent à tour de rôle sur ce poste pour tester leur carte d'étude.

Objet : analyse et caractérisation expérimentale des fonctions suivantes :

- F4 : VCO : gamme de fréquence, niveau de sortie et pureté spectrale
- F1 : Amplification sélective : gain, réponse en fréquence
- F2 : Multiplication : réalisation de la transposition de fréquence, gain
- F3 : Filtration FI : gain, réponse en fréquence, sélectivité

- ① :
- Les modes opératoires de chaque relevé seront décrits en détail.
 - Le fichier Excel "TP_Transposition_F.xls" contient des tableaux de mesures vides et des graphes déjà paramétrés pour certains relevés de ce TP.

Schéma fonctionnel



Note : les spécifications des fonctions ne sont données qu'à titre indicatif. Les mesures peuvent donner des résultats sensiblement différents.

1. F4 : VCO

L'objectif est de caractériser cette fonction pour vérifier son adaptation au récepteur FM.

Le VCO est constitué de :

- Élément actif : transistor Q2 monté en "base commune" et polarisé par R5, P1, R6 et R7
- Circuit sélectif en fréquence : transformateur T2, varicaps V3 et V4, condensateur C10
- Circuit de réaction : C9

La tension de commande du VCO peut être prélevée sur le point test VCO1.

La sortie se situe au secondaire du transformateur T2 (entre les pattes 4 et 1).

On admettra que la résistance de charge à la sortie du VCO est la même quelle que soit la position du sélecteur SEL_OL1 (1-2 ou 1-3).

→ Donner le rôle de la cellule L2-C7

1.1 Caractéristique de transfert

- Calculer les expressions littérales des tensions de polarisation inverse des diodes V3 et V4 en fonction de la tension d'alimentation $V_{CC_{OL}}$ et de la tension V_{VCO1} au point test VCO1.
- Placer le sélecteur SEL_OL1 en position 1-3 pour aiguiller le signal produit par le VCO vers le connecteur OL1_IO.
- Placer le sélecteur SEL_FCL en position 3-4 pour éviter toute influence du signal DEMOD sur V_{VCO1} .
- Connecter la sortie OL1_IO à l'oscilloscope avec un câble coaxial. On utilisera une terminaison 50Ω pour assurer des mesures fidèles.
- Alimenter la carte et régler convenablement l'oscilloscope pour permettre une mesure de la fréquence. Veiller à valider le VCO avec l'interrupteur EN_OL.
- Compléter le tableau "VCO" du fichier "TP_Transposition_F.xls" en mesurant la fréquence produite pour les tensions V_{CO1} indiquées. La tension d'accord est réglée avec les potentiomètres OL1 et OL1_FIN.

1.2 Niveau de sortie et pureté spectrale

Cette mesure sera réalisée avec un analyseur de spectre.

- Justifier le choix de l'analyseur de spectre. Pourquoi n'a-t-il pas été utilisé pour la mesure de fréquence (§1.1) ?
- Les niveaux sont mesurés en dBm et consignés dans la colonne "Niveau (dBm)" de la feuille de calcul. Etablir et insérer la formule dans la colonne "Niveau (mV)" permettant de calculer la tension efficace (en mV) au secondaire du transformateur T2.
- Réaliser ces mesures de niveaux pour les tensions V_{CO1} indiquées.
- Conclure sur la platitude de la courbe obtenue.
- Mesurer les réjections des harmoniques pour $F_{OL} = 100\text{MHz}$ environ.

2. F1 : Amplification sélective

Cette fonction est constituée de :

- Élément actif : transistor Q1 monté en "émetteur commun" et polarisé par R2
- Circuit sélectif en fréquence : transformateur T1, varicaps V1 et V2, condensateur C3

Noter que le circuit sélectif est identique à celui du VCO et que les diodes varicaps sont polarisées avec la même tension.

2.1 Gain et réponse en fréquence

On utilise pour ce faire un analyseur scalaire. Il est constitué d'un générateur RF wobulé, d'un détecteur (mesure de niveau) de haute précision ($< 0,1\text{dB}$), d'un système de traitement et d'affichage performants.

Cet instrument permet, après quelques paramétrages, d'afficher directement la réponse en fréquence d'un quadripôle. La seule contrainte est de respecter les impédances d'entrée et de sortie de 50Ω .

- Placer le sélecteur SEL_RF en position 2-3 pour aiguiller la sortie de la fonction F1 vers le connecteur RF_IO. Les composants C6 et R3 simulent l'impédance d'entrée du SA612 et la résistance R4 réalise l'adaptation 50Ω .
- Se déplacer avec sa carte d'étude sur la table équipée de l'analyseur scalaire. Relier la sortie de l'analyseur sur l'entrée RF_IN et l'entrée de l'analyseur sur RF_IO.
- Sur l'analyseur, restaurer la configuration RADIO_FM :
 - Niveau injecté constant : -40dBm
 - Wobulation : 40MHz à 190MHz , soit 15MHz par division
- Placer le marqueur 1 sur la fréquence 100MHz
- Observer l'influence du réglage d'accord du récepteur (potentiomètres OL1 et OL1_FIN) sur la réponse en fréquence.
- Régler la fréquence d'accord du récepteur pour obtenir le gain maximum à 100MHz
- Imprimer le résultat obtenu
- En déduire le gain maximum de la fonction F1
- Mesurer les bandes passantes à -3dB (BP_{-3}) et à -20dB (BP_{-20}) et en déduire le facteur de forme $F_{F1} = BP_{-20}/BP_{-3}$. Les réglages de l'analyseur scalaire (sensibilité verticale et gamme de fréquence) peuvent être modifiés pour faciliter ces mesures. On peut aussi activer des curseurs supplémentaires.

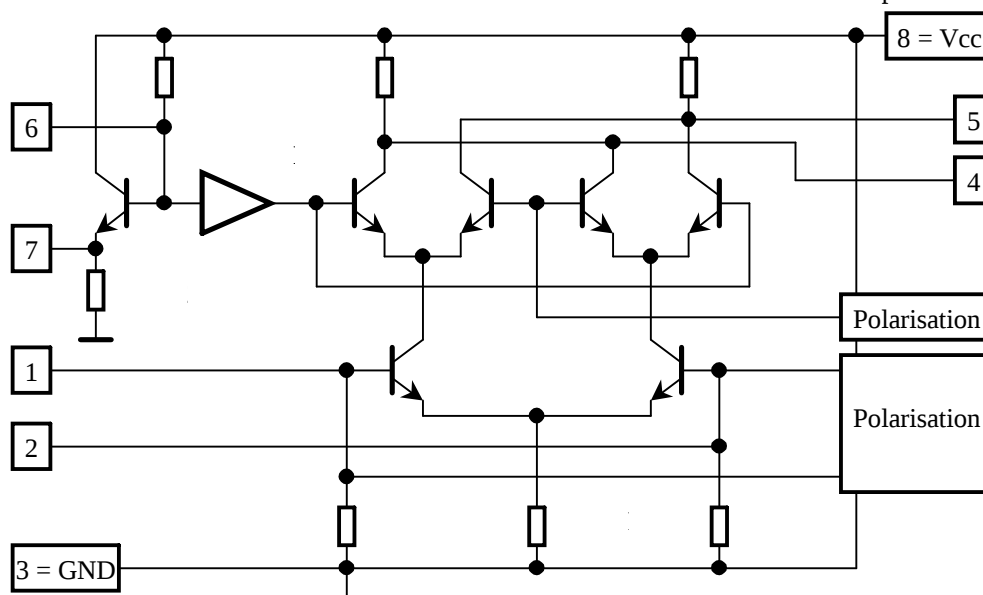
2.2 Suivi de la fréquence d'accord

Il s'agit ici de vérifier que la fréquence du gain maximum est conforme à la fréquence d'accord du récepteur. On admettra ici que la fréquence d'accord est égale à F_{OL} car la fréquence F_{FI} est très faible (70kHz).

- Proposer un mode opératoire et compléter les colonnes " V_{VCO1} " et " F_{MAX} " de "TP_Transposition_F.xls". Le graphe résultant est dessiné dans la feuille "VCO" pour faciliter les comparaisons.
- Commenter les résultats obtenus.

3. F2 : Multiplication

Cette fonction est réalisée classiquement par le circuit intégré IC1 (SA612AD). Celui-ci intègre une cellule de Gilbert analogue à celle du démodulateur. La documentation constructeur donne le schéma structurel simplifié de ce circuit intégré :



Caractéristiques principales :

V_{CC} max = 8V

F_{RF} max = 500MHz

F_{OL} max = 200MHz

Impédance d'entrée RF: 1,5K Ω // 3pF

Impédance de sortie : 1,5K Ω

La polarisation des transistors est réalisée de façon interne. Les liaisons aux signaux à traiter (entrées et sorties) doivent donc être de type **capacitives** pour ne pas perturber les points de repos.

Le signal RF de très faible niveau est appliqué entre les bornes 1 et 2. Le signal de l'OL (niveau recommandé : 200mV environ) sur la patte 6 passe par un buffer interne avant d'être appliqué sur les étages différentiels supérieurs.

Le transistor interne entre les pattes 6 et 7 peut être utilisé pour réaliser l'OL. Ce n'est pas le cas sur la carte d'étude.

Le résultat de la "multiplication" est prélevé sur les pattes 4 et 5.

3.1 Transposition de fréquence

Il s'agit de vérifier la réalisation de la fonction.

- Régler F_{OL} sur 100MHz avec la meilleure précision possible.
 - Placer les sélecteurs SEL_RF et SEL_OL1 en position 1-2 pour réaliser la fonction transposition entre RF_IN et FI1.
 - Relier l'oscilloscope sur le point test FI1 via une sonde 1/10. Sélectionner le couplage AC.
 - Connecter le générateur RF sur le connecteur RF_IN et le régler sur 100MHz avec un niveau de -60dBm.
 - Ajuster F_{OL} pour obtenir une fréquence de battement sur FI1 aussi faible que possible. Expliquer ce résultat et montrer qualitativement pourquoi l'autre composante naturelle est absente.
 - Mesurer la fréquence F_{FI} pour F_{RF} comprise entre 99,7MHz et 100,3MHz. Consigner les résultats dans les colonnes " F_{RF} (MHz)" et " F_{FI} (kHz)" de la feuille "relevés". Augmenter le niveau si la mesure de fréquence est défectueuse.
- Note :** vérifier régulièrement le battement nul pour $F_{RF}=100$ MHz. Corriger F_{OL} si le VCO a dérivé en fréquence.
- Commenter le résultat (feuille "Transposition_F").

3.2 Gain d'insertion

Il s'agit de mesurer de manière indirecte le gain de la fonction F2.

- Régler la fréquence du générateur sur 100MHz
- Dans les mêmes conditions, ajuster la fréquence d'accord pour maximaliser le niveau sur FI1.
- Mesurer sa valeur efficace et sa fréquence. En déduire le gain maximum entre RF_IN et FI1.
- Calculer alors le gain de la fonction F2 en utilisant les résultats de mesure précédents.
- Conclure

4. Filtration FI

L'objectif est de caractériser cette fonction pour évaluer la sélectivité et déterminer les contraintes de modulation. Cette fonction est constituée de :

- élément actif : transistor Q3 monté en "collecteur commun" et polarisé par la tension de repos à la broche 4 de IC1, R19, R20 et R21,
- réseau sélectif : R19, R20, C18 et C19,

Ces éléments réalisent un filtre passe-bas actif du 2^{ème} ordre. Il est suivi :

- des cellules (C25+C105)-R22 et R23-C26 qui constituent un filtre passe-bande du 1^{er} ordre

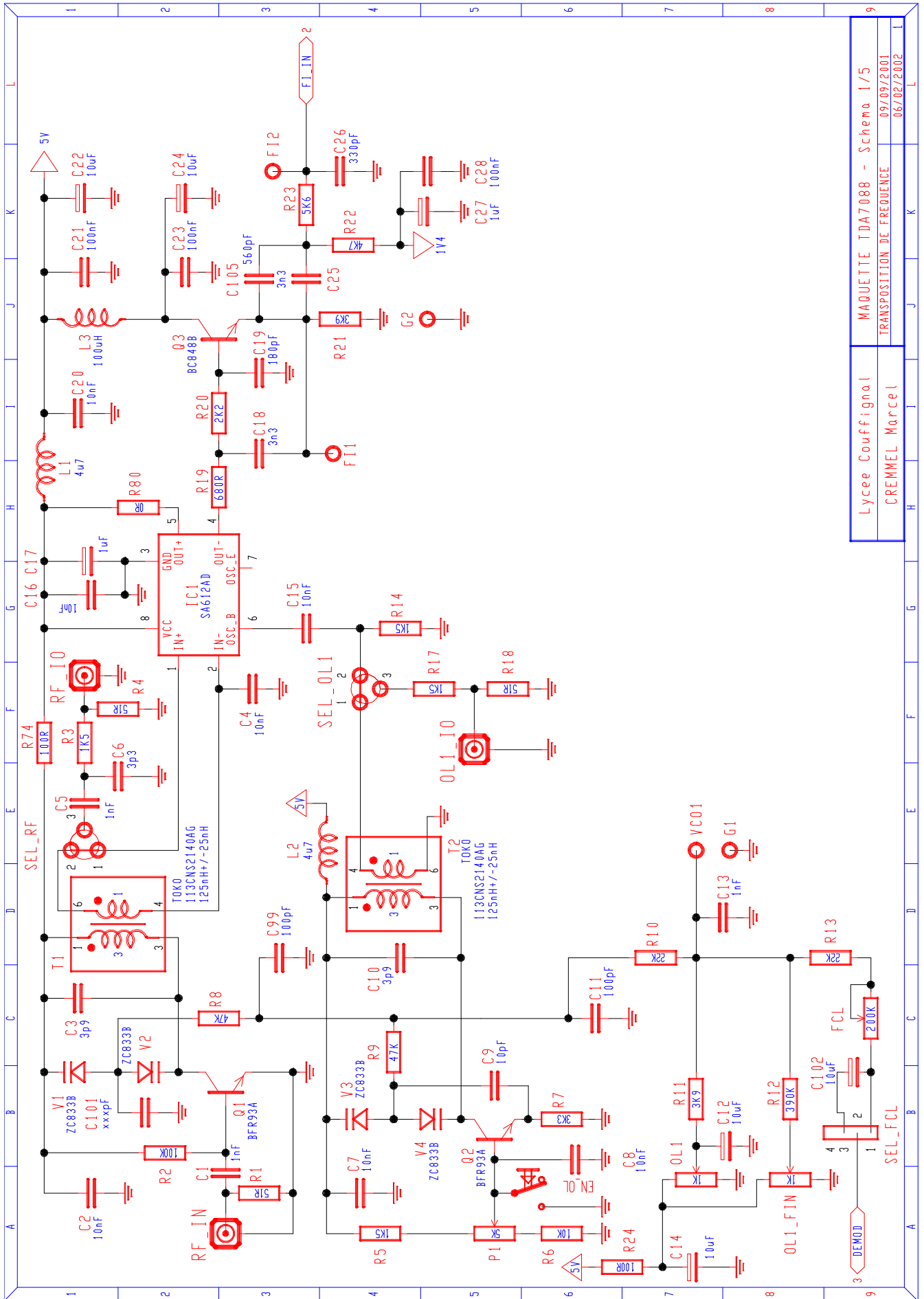
Note : la source 1,4V permet de polariser le 1^{er} étage différentiel de l'amplificateur FI.

4.1 Réponse en fréquence

- Dans le tableur affecter la colonne "Gain" avec la formule de calcul du gain entre RF_IN et FI2.
- Dans les mêmes conditions ($F_{OL}=100\text{MHz}$ et un niveau injecté de -60dBm), mesurer le niveau et la fréquence du signal sur FI2 (sortie du filtre FI) pour F_{RF} comprise entre 99,7MHz et 100,3MHz. Les résultats sont consignés dans les colonnes " F_{FI} (kHz)" et " $FI2$ (mV)" de la feuille "Relevés" du tableur.
- Déduire des résultats :
 - Les fréquences de coupure basse et haute à -3dB . Comparer ce résultat avec la bande de fréquence occupée par un signal modulé en fréquence par une sinusoïde de 1kHz avec une excursion de 75kHz. Conclure.
 - L'amplificateur FI et le démodulateur sont conçus pour une fréquence intermédiaire de 70kHz. La réponse en fréquence du filtre FI est-elle adaptée à ce choix si l'excursion reste inférieure à 15kHz ?
- Sur quelle fréquence exacte est accordée le récepteur ?
- Les émetteurs voisins sont situés à plus de 200kHz de cette fréquence. Evaluer les réjections des 2 émetteurs les plus proches (il s'agit en fait de la **sélectivité** du récepteur).
- La fonction FI a-t-elle une influence sur la sélectivité ? Quel le rôle de cette fonction ?

4.2 Comportement avec un signal modulé

- Activer la modulation FM sur le générateur RF. Choisir le signal modulant interne de 1kHz et régler l'excursion à 0kHz.
- Régler la fréquence porteuse F_{RF} sur 100MHz. Ajuster la fréquence d'accord du récepteur pour obtenir un signal sur FI2 de fréquence 70kHz.
- Activer la fonction FFT de l'oscilloscope et choisir une fréquence d'échantillonnage aussi faible que possible. Placer un curseur vertical sur la fréquence 70kHz.
- Modifier la fréquence porteuse par pas de 10kHz et observer le mouvement de la raie principale. Constater que le récepteur est opérationnel pour 2 fréquences :
 - F_{RF0} : fréquence d'accord principale : la variation de la fréquence F_{FI} est égale en module et en signe à celle de la porteuse,
 - $F_{RF\text{ im}}$: fréquence "image" : la variation de la fréquence F_{FI} est égale en module et opposée en signe à celle de la porteuse.
- Relever ces 2 fréquences et expliquer ce résultat.
- Augmenter progressivement l'excursion de fréquence jusqu'à 15kHz et observer le spectre résultant. La bande occupée est-elle conforme à la règle de CARSON ?
- Montrer par une manipulation simple que le filtre FI laisse passer la totalité du spectre du signal modulé. Evaluer l'excursion de fréquence max acceptable.



Lycee Couffignal	MAQUETTE TDA7088 - Schema 1/5
CREMMEL Marcel	TRANSPPOSITION DE FREQUENCE
	09/09/2001
	06/02/2002