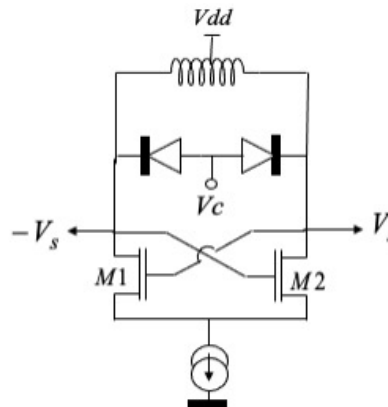


## Conception d'un Oscillateur LC à 2,45 GHz en Technologie 0.35um AMS

### Cahier des charges :

On se propose d'étudier le VCO LC suivant intégré dans la technologie AMS 0,35um. Le résonateur sera composé de diode varicap (*jvar* de la PRIMLIB) et d'inductance du DK. Dans une première partie du TP on mettra en place les outils permettant de caractériser le résonateur puis la deuxième partie adressera directement la conception du VCO.



### Travail préliminaire :

- a) On considère un résonateur parallèle type LR. Donner la valeur de L en fonction de la partie imaginaire de l'admittance du résonateur. Donner la valeur de  $R_{//}$  en fonction de la partie réelle de l'admittance. Donner la valeur de Q en fonction des parties réelles et imaginaires de l'admittance.

$$Y = G + jB = \frac{1}{Z} = \frac{1}{Z_0 r} + j \frac{1}{Z_0 x} = \frac{g}{Z_0} + j \frac{b}{Z_0} \quad G = \frac{1}{R} = \frac{g}{Z_0} \quad ; \quad B = -\frac{1}{L\omega} = -\frac{b}{Z_0} \quad \text{ou} \quad B = C\omega = \frac{b}{Z_0}$$

$$L = -1/(Im(Y_{11}) \cdot \omega_0), \quad R = 1/Re(Y_{11}), \quad Q = R_{//}/X_{//} = R_{//}/L\omega_0 = -Im(Y_{11})/Re(Y_{11})$$

- b) On considère un résonateur parallèle type CR. Donner la valeur de C en fonction de la partie imaginaire de l'admittance. Donner la valeur de  $R_{//}$  en fonction de la partie réelle de l'admittance. Donner la valeur de Q en fonction des parties réelle et imaginaire de l'admittance  $C = Im(Y_{11})/\omega_0, R = 1/Re(Y_{11}), Q = R_{//}/X_{//} = R_{//} \cdot C\omega_0 = Im(Y_{11})/Re(Y_{11})$
- c) La valeur de la résistance négative générée par une paire croisée est  $R^- = -2/g_m$ . A partir du critère de barkausen qui donne une condition sur  $g_m$  et  $R_p$ , donner la condition sur  $R^-$  et  $R_{//}$  (la résistance // du résonateur) pour assurer l'oscillation.

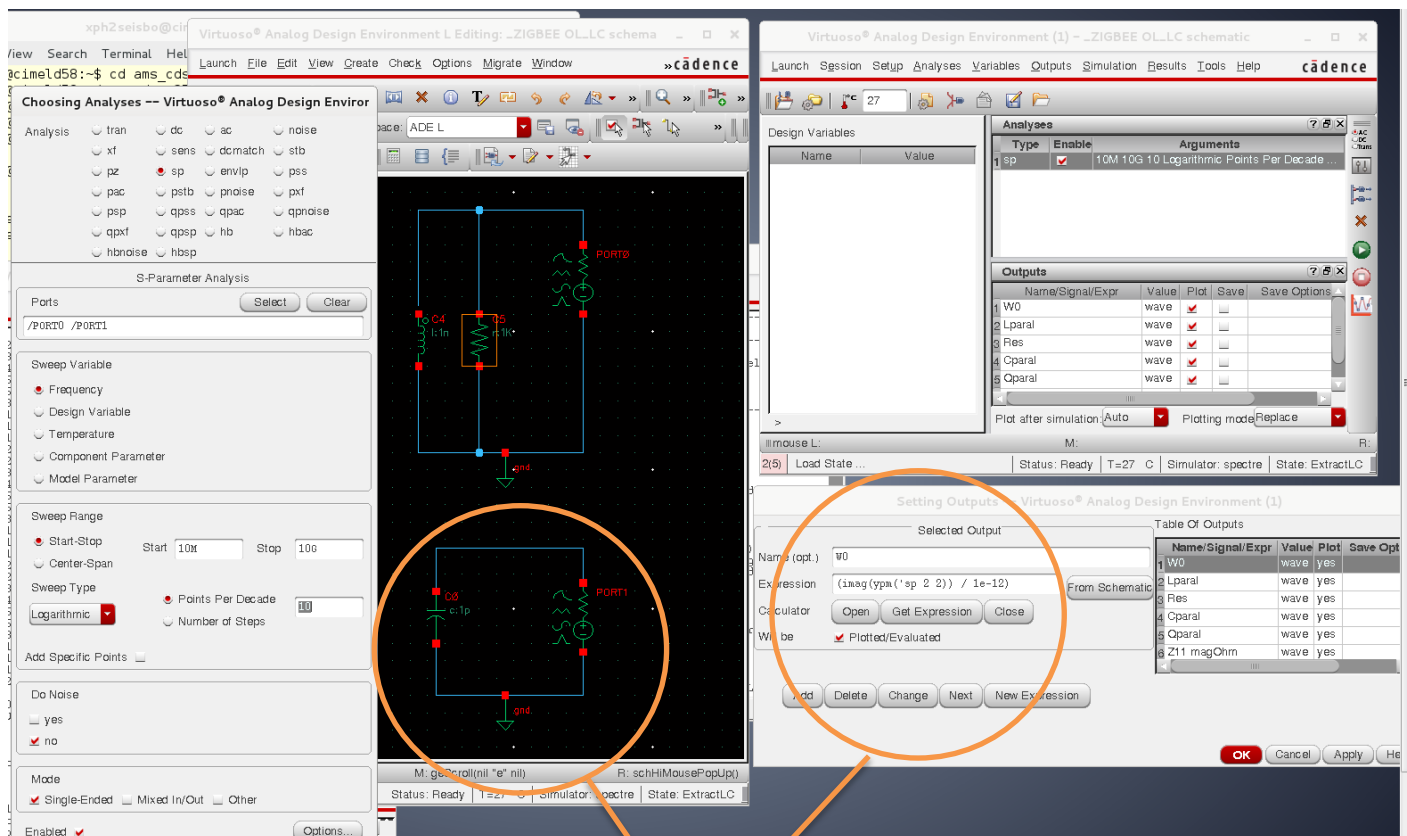
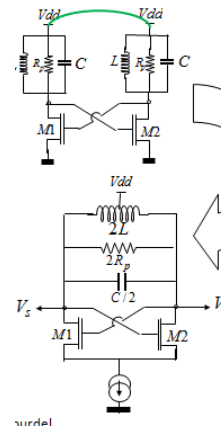
$gm.R_p > 1$ ,  $gm > 1/R_p$ ,  $gm > 2/R_{//}$  (car  $R_{//} = 2R_p$ ),  $2/gm < R_{//} \Rightarrow R < R_{//}$

- d) Quelle est la conséquence de cette condition sur la résistance parallèle du circuit résonnant (parallèle) constitué de la paire croisée et résonateur LC.

$R_{//total} = Re(1/Y_{total}) = R_{//} // R_p = (R \cdot R_{//}) / (R + R_{//})$  si  $R < R_{//}$  alors  $Re(Z_{total}) < 0$

### Résonateur LC :

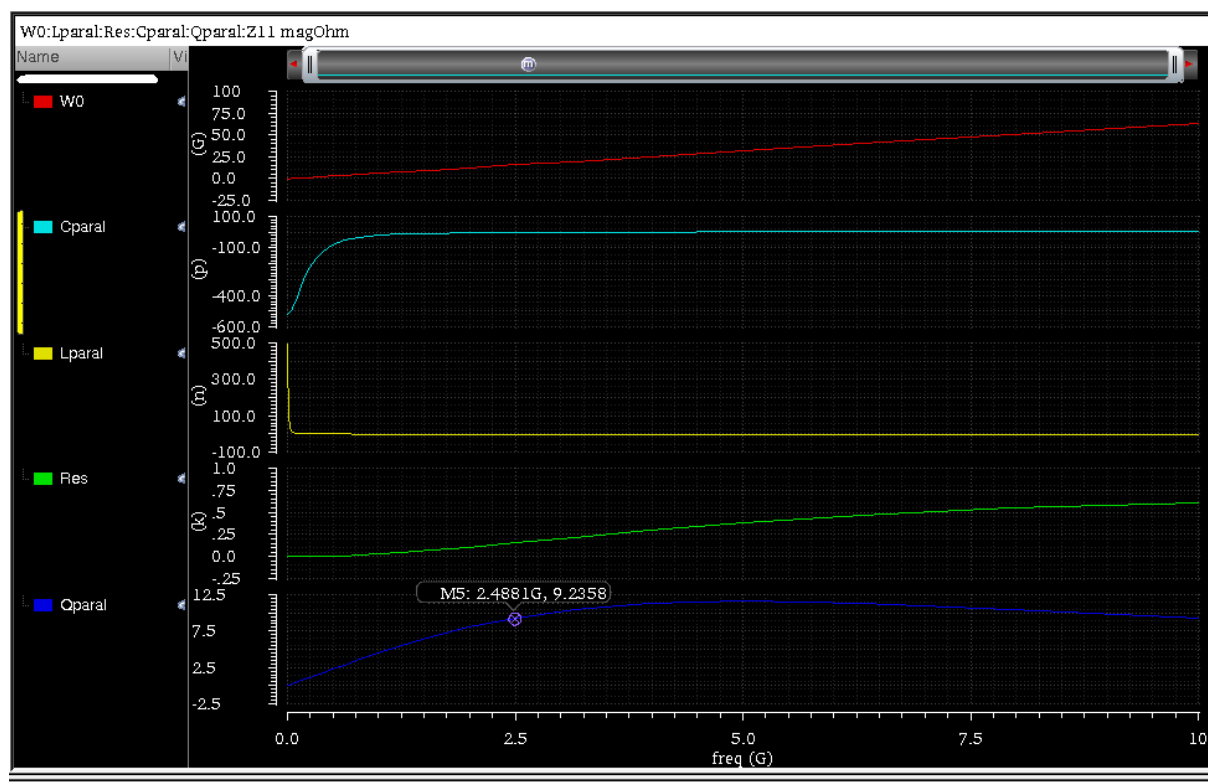
- e) A partir des questions a) et b) Réaliser un *bench* permettant de calculer les valeurs de L, C,  $R_{//}$  et Q d'un résonateur parallèle quelconque à partir des paramètres Y d'une simulation SP. Pour extraire la valeur de la fréquence nécessaire au calcul vous utiliserez une capacité idéale de l'*analogLib* que vous ajouterez dans votre *bench*.



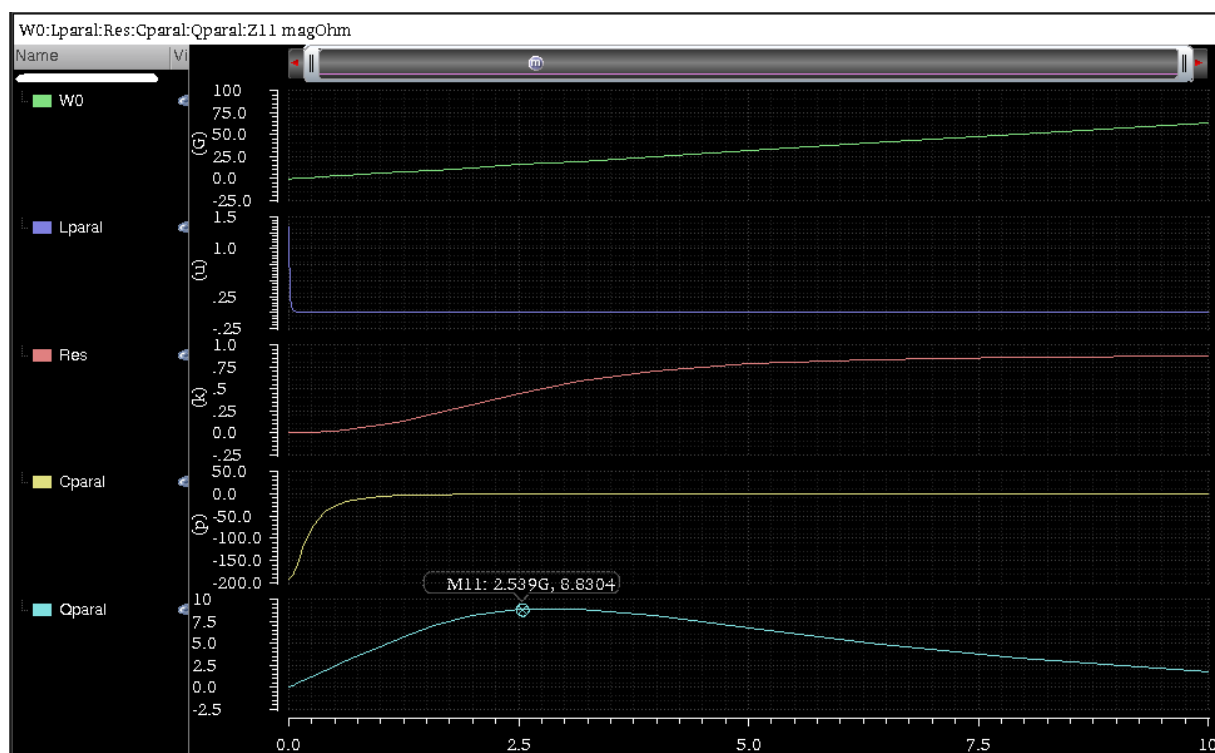
Permet d'extraire la valeur de la fréquence pour chaque point de simulation et ainsi de l'utiliser pour le calcul de L et C.

- f) Evaluer le facteur de Qualité des inductances : SP011s200T, SP031s250T, SP133s300T. Quel est la meilleure inductance ? Expliquez.

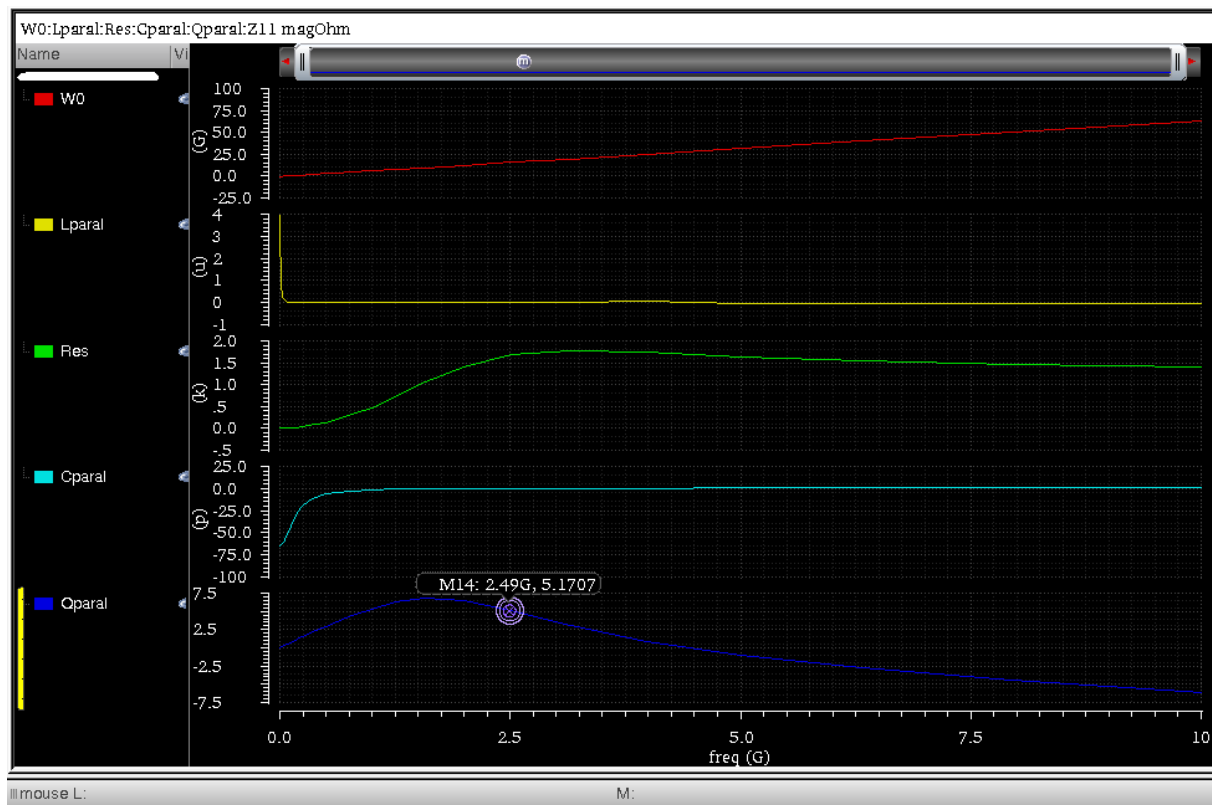
: SP011s200T



SP031s250T



SP133s300T



*Plus la valeur est importante plus la longueur du métal qui réalise l'inductance est grande. Elle est donc plus résistive ( $R$  série augmente et donc  $Q$  diminue). De plus sa surface augmente aussi, donc les capa parasites augmente et donc elle résonne ( $sfr$ ) plus bas en fréquence.*

On prend  $L=3.1nH$  (SP031s250T) qui permet d'avoir un  $Q$  important avec une valeur assez grande. Il est intéressant d'utiliser une inductance de grande valeur car cela engendre, pour une fréquence de résonance donnée, une faible valeur de capacité. Or la valeur de la capacité limite le *slewrate* du VCO et donc l'amplitude de sortie ainsi que la plage de fréquence.

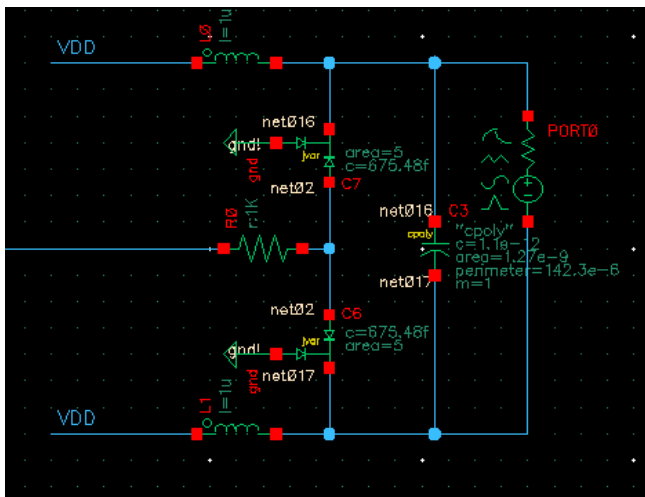
- g) Calculer la valeur de  $C$  pour avoir une résonnance à 2.4GHz et à 2,5GHz. En déduire la valeur de la capacité variable et la valeur de la capacité fixe pour couvrir la bande de fréquence.

fo	2,40E+09	2,50E+09
wo	1,51E+10	1,57E+10
L	6,00E-09	6,00E-09
C	7,33E-13	6,75E-13
Cvar	5,75E-14	
Cfix	6,75E-13	

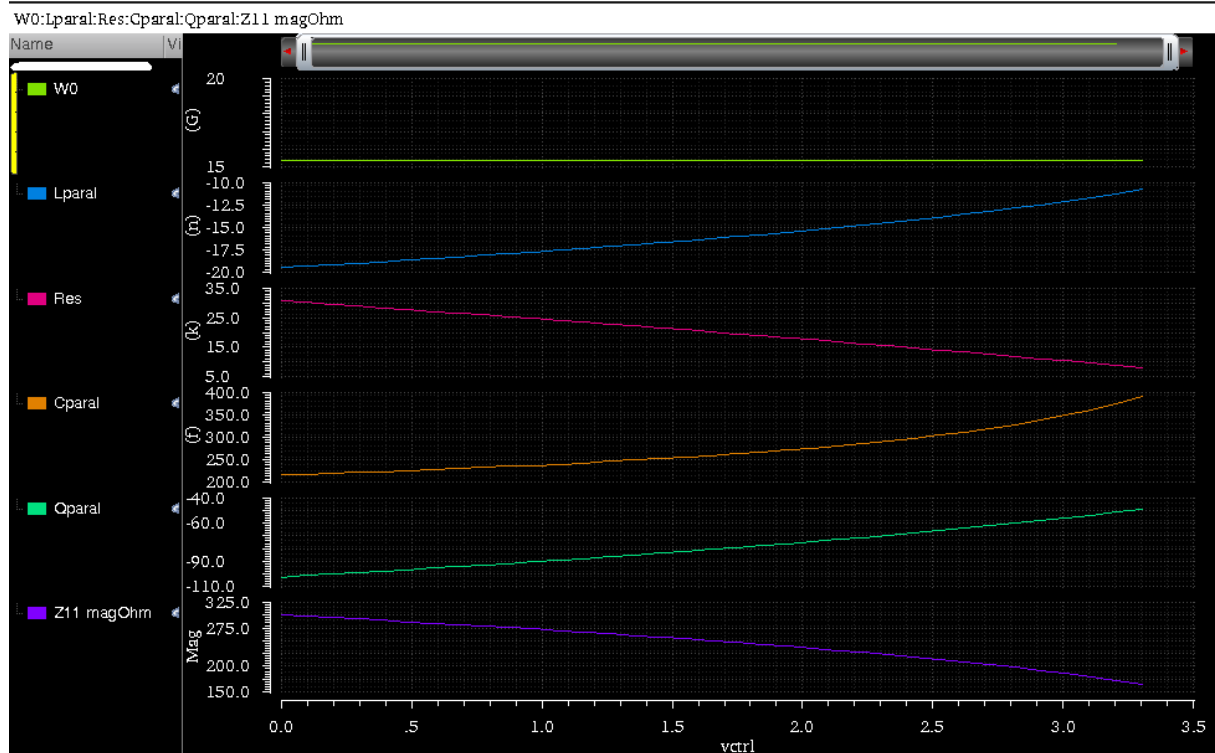
- h) On prend une *jvar* de la *primlib* qui a un meilleur coefficient de surtension que la *cvar*. A partir de la valeur minimale de la *jvar*, recalculer la capacité fixe. Simuler la plage de variation du couple *jvar* + C fixe. (Penser à polariser la *jvar* : l'inductance du résonateur amène VDD aux bornes de la *jvar*). Mesurer Q en fonction de la tension de contrôle. Quel sera la conséquence sur le résonateur final ?

Jvar	2,17E-13	3,90E-13
Cap	5,16E-13	
C	7,33E-13	9,06E-13

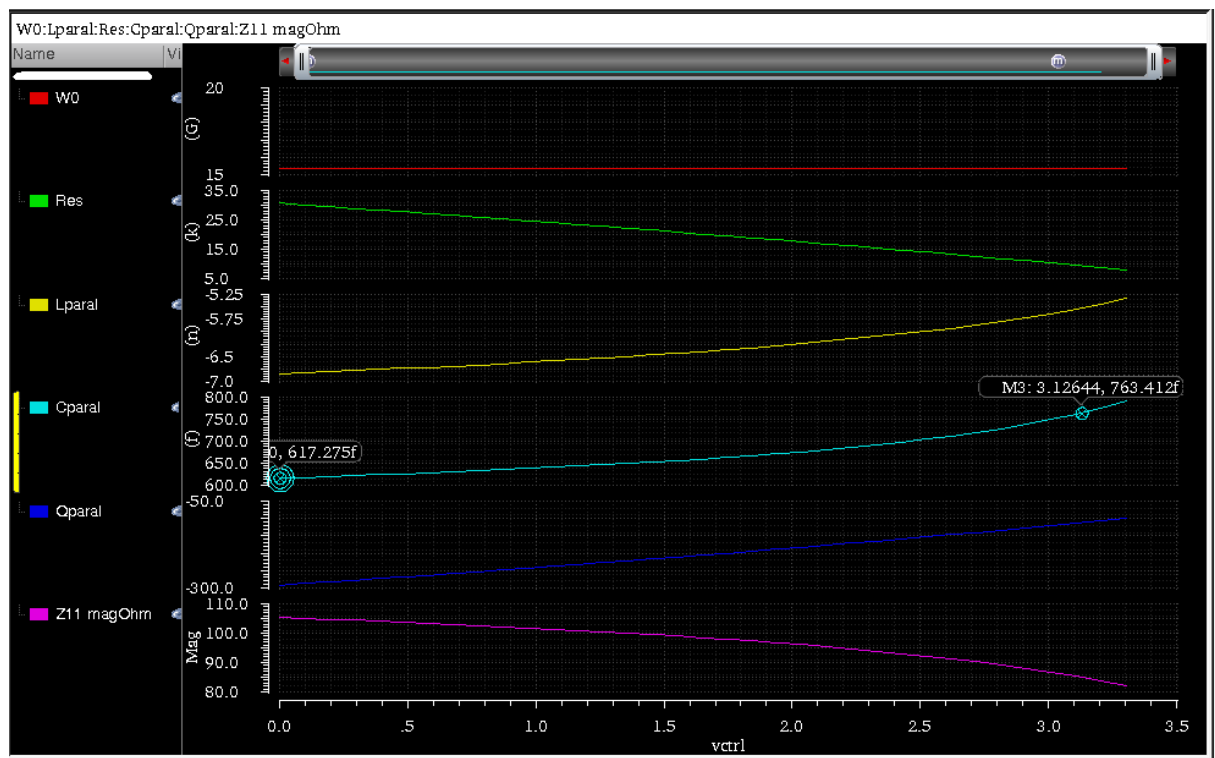
Bench :



JVAR :

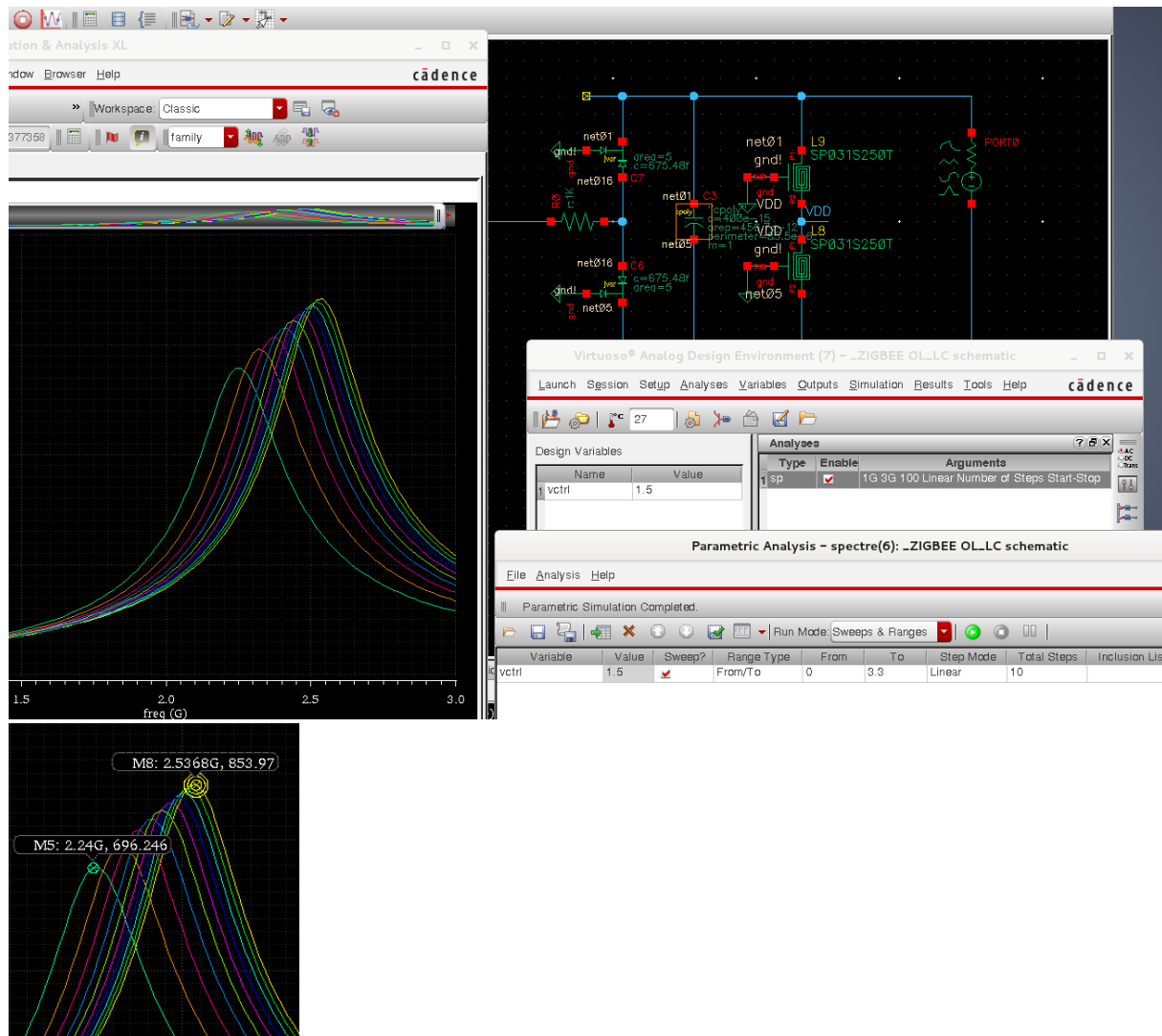


Capa totale :



- i) Réaliser le résonateur. Faire une simulation paramétrique permettant de voir la plage de variation du résonateur. Relever  $F_{min}$  et  $F_{max}$  et donner  $D_f$ . Relever  $I_Z(f)$  pour différentes

valeur de la tension de contrôle et expliquer le phénomène observer. Relever les différentes  $R_{//}$  et faire le lien avec  $R_{//}$  et  $|Z(f_o)|$ . Pourquoi  $R_{//}$  varie.



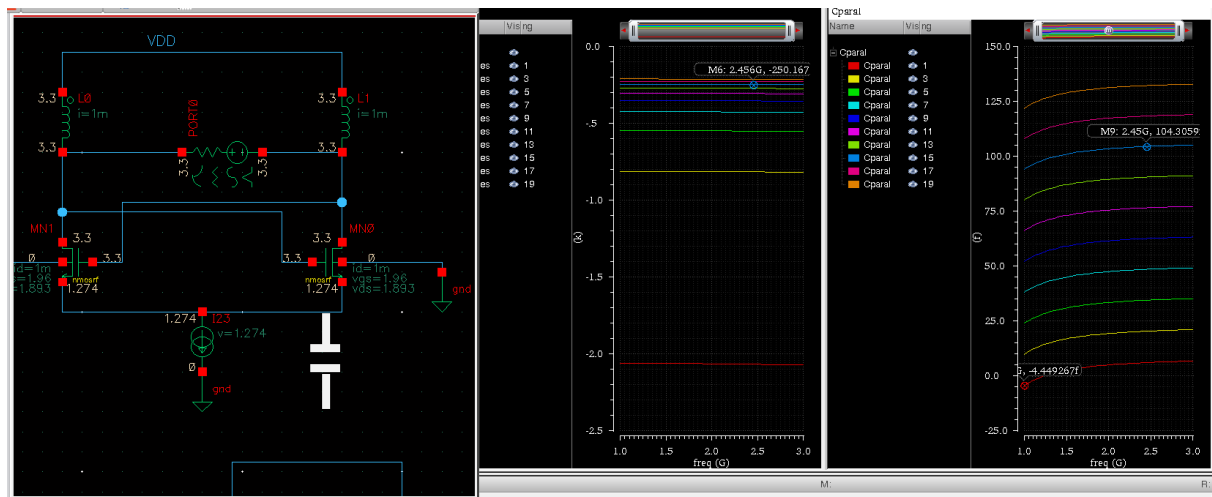
Le facteur de qualité du varactor augmente avec VCTRL modifiant ainsi le coefficient de surtension du résonnateur.

### Réalisation du transconducteur (R négative)

- A partir de la question c), calculer la valeur de  $g_m$  nécessaire pour compenser les pertes.  
 $780 < R_{//} < 820 \Rightarrow R' < R_{//} \Rightarrow 2/g_m < 780 \Rightarrow g_m > 2/780 = 2,5 \text{ mAv}^{-1}$
- Rappeler la condition sur  $R'$ . En pratique on prend un facteur 3. Réaliser alors la paire croisée et déterminer en simulation la taille de MOS pour satisfaire cette condition sous 2mA. Mesurer aussi la capacité parallèle présentée par la résistance négative.

$$g_m R_p = 3; g_m = 3/R_p = 6/R_{//} = 6/780 = 7,5 \text{ mAv}^{-1} \Rightarrow R' = 2/g_m = R_{//}/3 = 260 \, \Omega$$

$$g_m = 2 \sqrt{\frac{W}{L} K_n \frac{I_o}{2}} \rightarrow \frac{W}{L} = \frac{8 g_m^2}{I_o K_n} \quad W/L=175 \text{ et } W=61,5$$



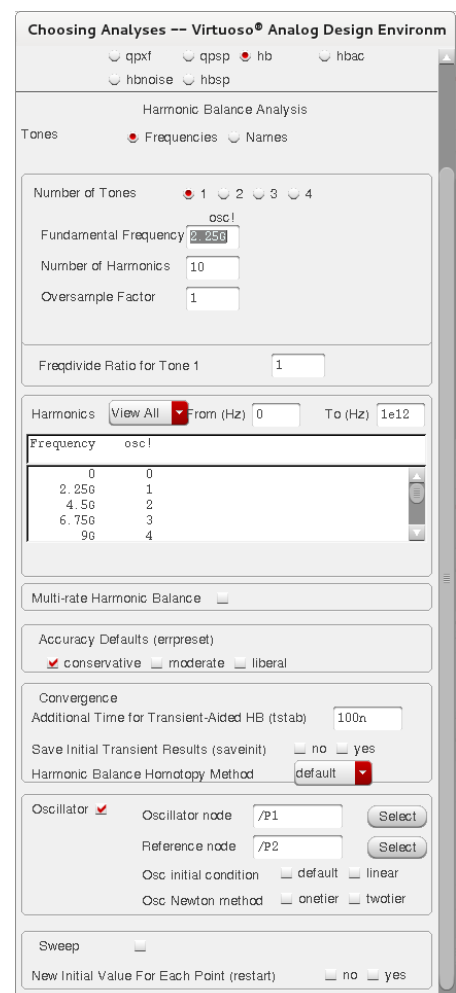
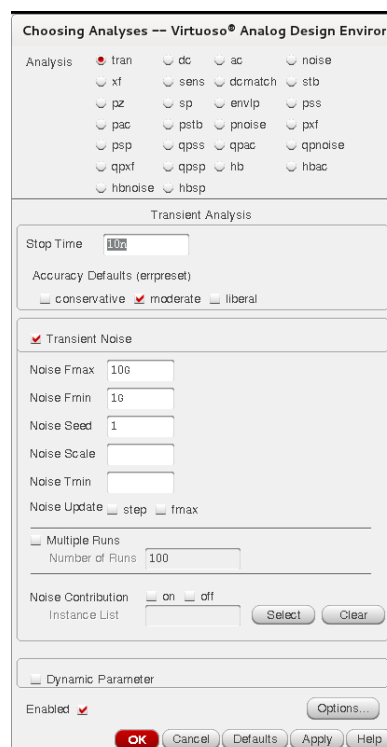
## Réalisation du VCO

- I) Assembler le résonateur LC et la résistance négative. Lancer une simulation « TRAN » puis « HB » avec les paramètres ci-contre et mesurer la plage de fréquence du VCO et l'amplitude du signal de sortie. Expliquer le décalage en fréquence observé.

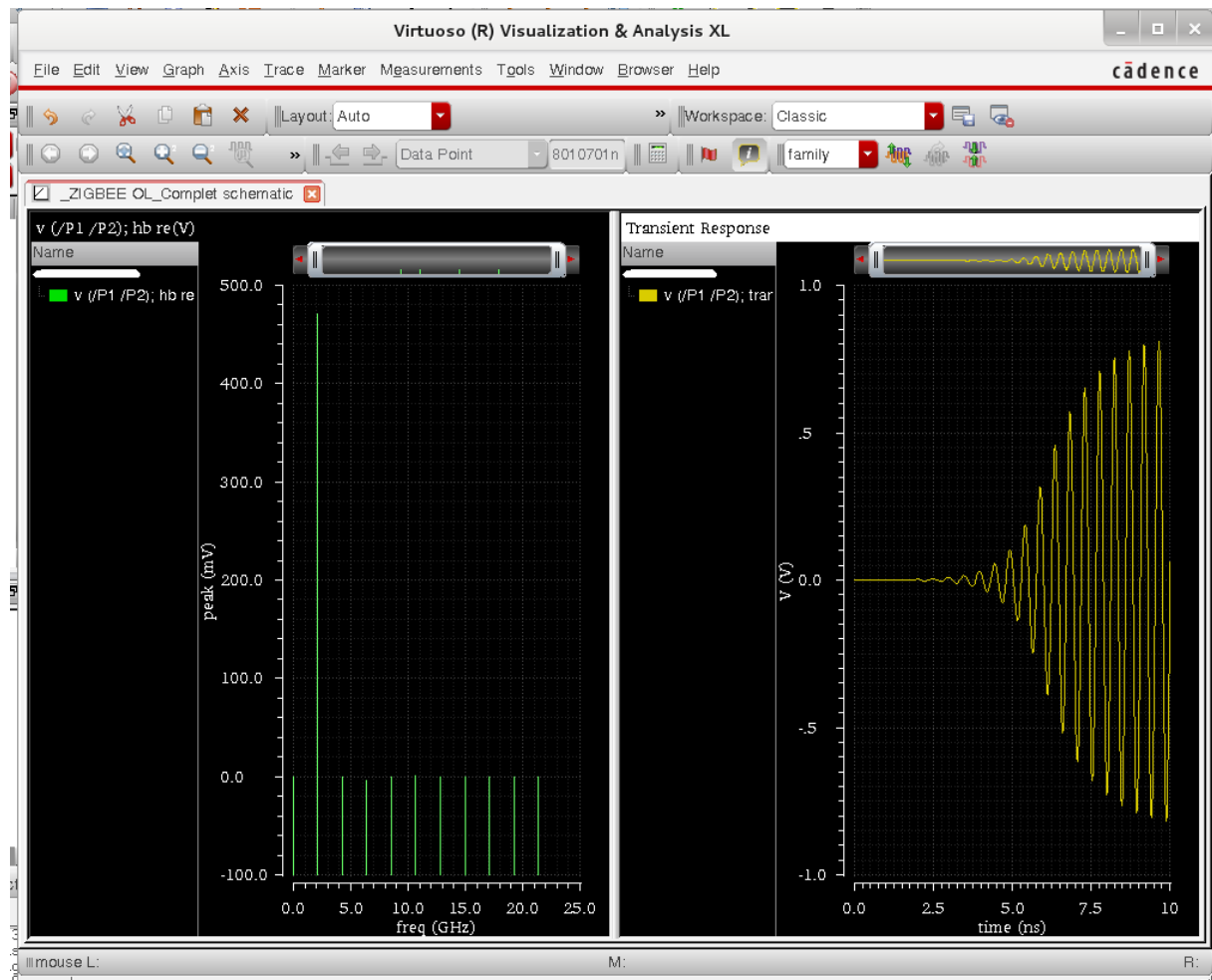
Note : en HB, pour afficher la fréquence en fonction de  $v_{ctrl}$ , choisir harmonic frequency dans direct plot.

2.27GHz -> 2.1GHz

(17MHz). La paire dif est très grosse car on consomme peu de courant, il faudrait augmenter le courant pour diminuer la taille et donc les capa parasite rajoutées en parallèle. Toutefois, c'est plus logique de changer la capa fixe !!!







- m) **(Facultatif)** - Modifier la résistance négative ou la capacité fixe pour améliorer la plage de fonctionnement du VCO. Pour cela vous ferez une analyse sp avec un port d'impédance très élevé et vous observerez l'impédance totale du résonateur (voir question d).  
*On retrouve la même impédance pour  $I_0=8\text{mA}$  et  $W=45\mu\text{m}$ . La plage passe alors de 17MHz à 22MHz. Le prix à payer est cher (6mA) mais on voit bien l'effet des capacités parasites sur  $D_f$ .*



- n) Faire une mesure du bruit de phase en paramétrant « hbnoise » comme afin de commencer à 10 Hz de la porteuse jusqu'à 10 MHz. Tracer le bruit en sortie en  $10 \cdot \log(V^2/\text{Hz})$ . Observer la pente en  $1/f^3$  proche de la porteuse et en  $1/f^2$  loin de la porteuse. Donner le bruit à 1 MHz de la porteuse en dBc. Pensez à mesurer la puissance de la porteuse pour donner la valeur en dBc.

**Choosing Analyses -- ADE L (1)**

Analysis ☐ tran ☐ dc ☐ ac ☐ noise  
☐ xf ☐ sens ☐ dcmatch ☐ acmatch  
☐ stb ☐ pz ☐ sp ☐ envlp  
☐ pss ☐ pac ☐ pstb ☐ pnoise  
☐ pxf ☐ psp ☐ qpss ☐ qpac  
☐ qpnoise ☐ qpxf ☐ qpssp ☐ hb  
☐ hbac ☒ hbnoise ☐ hbbsp

Harmonic Balance Noise Analysis

Multiple hbnoise ☐

Sweep type  Relative Harmonic

Output Frequency Sweep Range (Hz)

Start-Stop  Start  Stop

Sweep Type ☒ Points Per Decade   
☐ Number of Steps

Add Specific Points ☐

Sidebands  
Maximum sideband   
When using hb engine, default value is harms of 1st tone.

Output  
 Positive Output Node    
Negative Output Node

Input Source

Do Noise ☒

Noise Type   
sources: single sideband (SSB) noise analysis

Noise Separation ☐ yes ☐ no  
separate noise into source and gain

Enabled ☒

