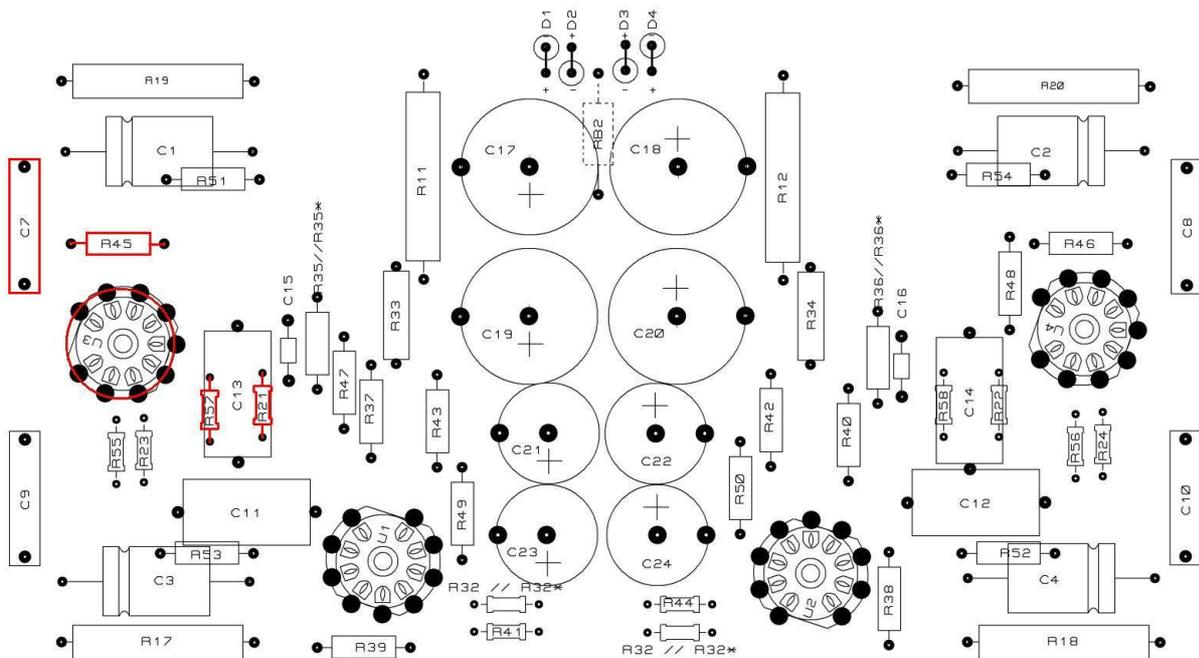


Etude de l'ampli préampli ALP2A d' Yves Cochet (en cours)



Mac-clure 2012 version 1d

Fonction FS2g-1 amplification en tension

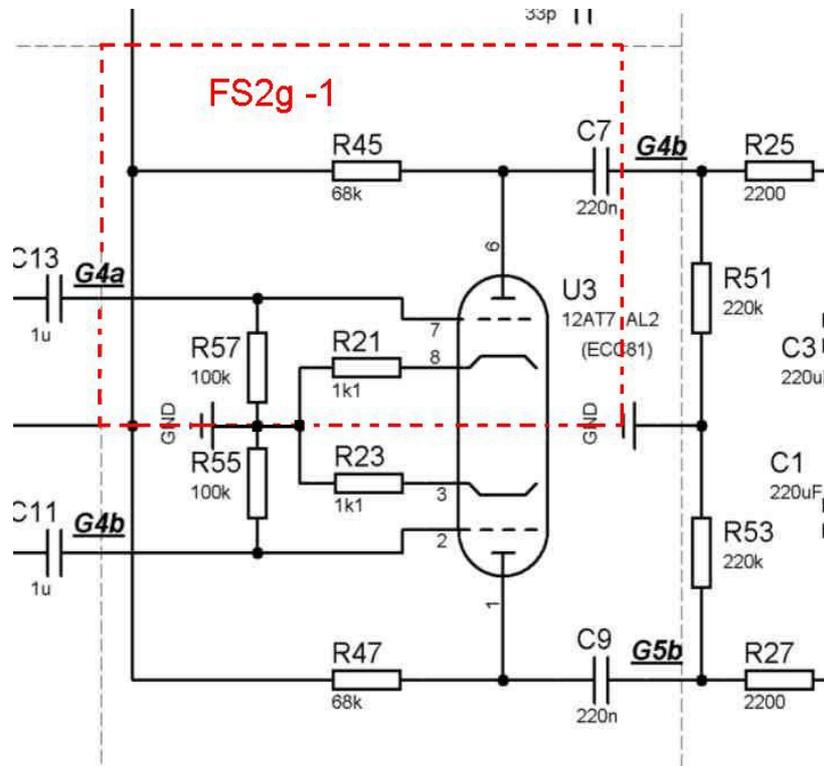
(position des composants de la fonction FS2g – 1: "amplification en tension" (hors composants câblés en volant)

Table des matières

1 Présentation.....	3
2 Paramètres idéaux et paramètres réels.....	4
3 Etude théorique.....	5
1) Etude statique: calcul du point de fonctionnement.....	6
Etude statique avec utilisation du modèle prospice du tube ECC81.....	8
2) Etude dynamique :calcul de l'amplification en tension.....	11
3) Etude graphique avec utilisation de la documentation constructeur du tube.....	15
4) Etude fréquentielle.....	24
Simulation sans charge RC.....	24
Simulation avec charge RC.....	29
5) Modélisation.....	40
Modélisation avec le modèle prospice d'Isis de Protéus version 7.....	40
Modélisation avec le modèle Mac-Clure de Protéus version 7.....	42
6) Etude temporelle.....	44
Signal d'entrée triangulaire.....	44
Signal d'entrée rectangulaire.....	45
Signal d'entrée impulsionnel.....	46
7) Mesures sur l'ampli – préampli ALP2a d'Yves Cochet.....	46
8) Conclusions.....	46

FS1g -1 : amplification en tension

1 Présentation



La fonction FP2g est composée des fonctions FP2g -1 et FP2g -2 qui sont identiques. Leur rôle est d'amplifier en tension (on peut utiliser le mot de "driver" ici) les signaux "Vg1-0" et Vg1-180" pour générer les signaux de sortie Ug5a et Ug5b qui vont pouvoir "attaquer" les grilles des 2 tubes EL 34 de puissance (fonction FP3g: amplification en puissance). Cette amplification en tension est nécessaire pour commander convenablement toute la puissance que peut fournir le push-pull de sortie. (à discuter)

La fonction amplification est réalisée à base de la triode ECC81 (U3-1) pour FS2g-2 et ECC81 (U3-2) pour FS2g-1. Ici nous allons étudier uniquement la fonction FS2g-1 du canal gauche car les deux fonctions sont absolument identiques. Le montage utilisé ici est un montage de type cathode commune avec une résistance de cathode non découplée (c'est donc une contre-réaction locale) Le signal d'entrée attaque la grille de la triode. Le signal de sortie est disponible sur l'anode. Un condensateur (C7) supprime la composante continue. (tension Ug4b). Le montage est alimentée avec la tension continue +HT2 d'une valeur de +330V. (la même que celle du déphaseur cathodyne). Cette fonction est donc composée de 3 résistors (R21, R45, R57), un condensateur (C7) et une triode (U3 2/2). Le tube utilisé est une double triode ECC81 (la même que pour le montage cathodyne)

L'étude ci dessous ne concerne que la fonction FS1g-1

2 Paramètres idéaux et paramètres réels

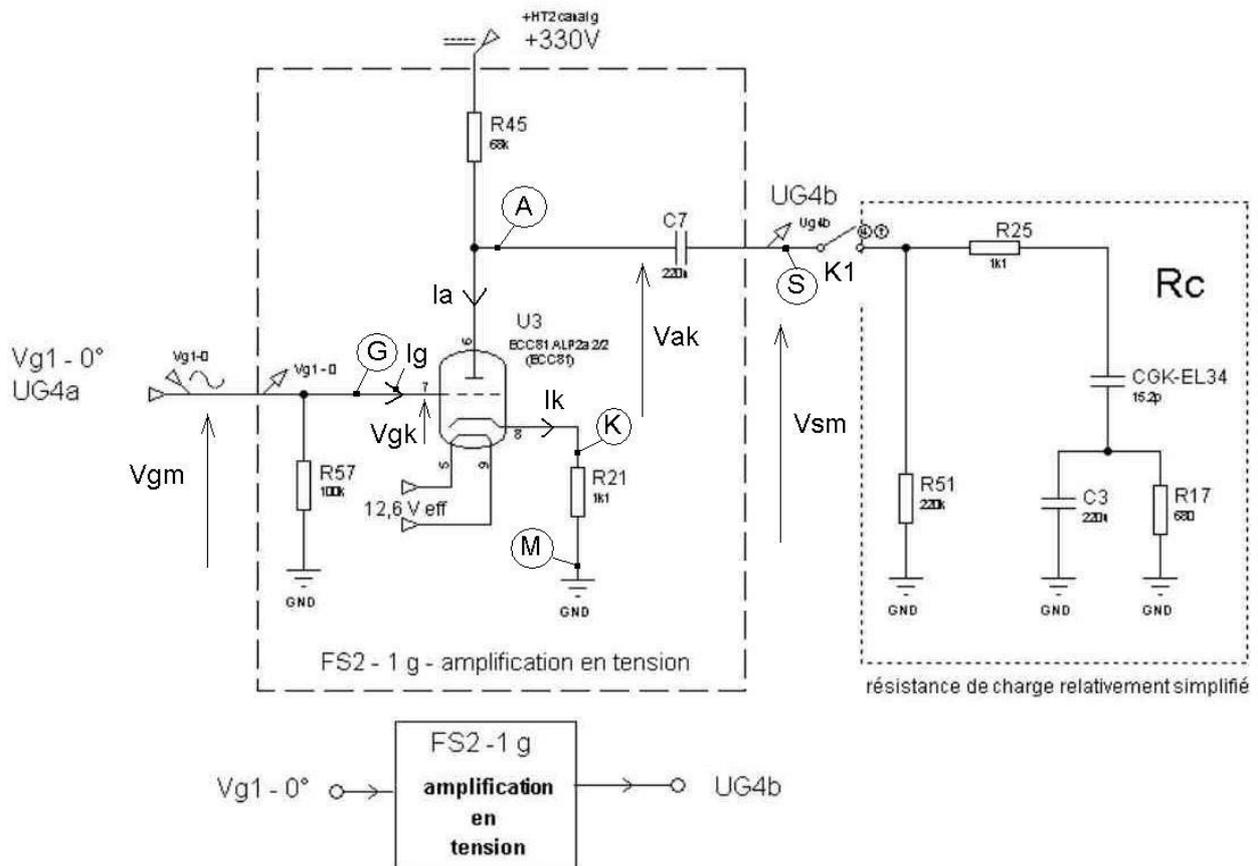
Les paramètres idéaux sont:

- résistance d'entrée de du montage infinie
- résistance de sortie nulle
- pas de défaut de linéarité (distorsion nulle)
- amplification désirée obtenue
- bande passante infinie ...

Les paramètres "atteignables" seront:

- la résistance d'entrée sur "Input G" est fixée par la valeur de R57: 100K (en considérant le courant de grille $I_g = 0A$)
- résistance de sortie dont la valeur ne nuie pas aux qualités du montage
- bande passante la plus grande possible
- défaut de linéarité la plus faible possible

3 Etude théorique



L'étude de la structure FS1g - 1 se décompose de la façon suivante:

- Une étude statique: calcul du point de fonctionnement.
- Une étude dynamique :calcul de l'amplification en tension
- Une étude graphique avec utilisation de la documentation constructeur de la lampe.
- Etude fréquentielle
- modélisation
- Une simulation avec le logiciel ISIS.
- Une étude dynamique avec utilisation du modèle équivalent du tube ECC81
- Une étude dynamique avec utilisation du modèle générique
- Mesures sur l'ampli – préampli ALP2a d'Yves Cochet.
 - point de fonctionnement
 - amplification en tension
 - bande passante
- Mes conclusions

4) Etude statique: calcul du point de fonctionnement

Etude statique FS2g-1

1/

caractéristiques de la valve ECC81 (Philips 1969)

$W_a \text{ maxi } 2,5 \text{ W}$ $\mu = 60$ ($I_A = 10 \text{ mA}$)

$V_{GK} \text{ maxi } 50 \text{ V}$ $S = 5,5 \text{ mA/V}$

$V_{AK} \text{ maxi } : +300 \text{ V}$

Etude statique: calcul du point de fonctionnement

Tension d'entrée nulle ($V_{GM} = 0 \text{ V}$)

les condensateurs sont considérés comme idéaux

$C_2 \rightarrow \infty$ en court-circuit

$I_G = 0 \text{ V} \Rightarrow I_A = I_K$

la résistance de charge R_c est considéré comme infinie.

loi des mailles: (ici c'est plutôt la relation de Charles)

$$\left\{ \begin{array}{l} +HT2 = R_{45} I_A + V_{AK} + R_{21} I_A \quad (1) \\ V_{GM} = V_{GK} + R_{21} I_A = 0 \text{ V} \quad (2) \end{array} \right.$$

$V_{AK} = -\mu V_{GK} \quad (3)$

(1) } $\rightarrow +HT2 = R_{45} I_A + (-\mu V_{GK}) + R_{21} I_A \quad (5)$
 (3) }

(2) $\rightarrow V_{GK} = -R_{21} I_A \quad (6)$

(5) } $\rightarrow +HT2 = R_{45} I_A - \mu [-R_{21} I_A] + R_{21} I_A$
 (6) }

$\rightarrow +HT2 = R_{45} I_A + \mu R_{21} I_A + R_{21} I_A$

$\rightarrow +HT2 = I_A \cdot [R_{45} + R_{21}(\mu + 1)]$

$\rightarrow I_A = \boxed{\frac{+HT2}{R_{45} + (\mu + 1)R_{21}}}$

• FS2g-1 étude statique (suite)

2/2

$$\begin{cases} U_{AK} = -\mu U_{GK} \\ U_{GK} = -R_{L1} \cdot I_A \end{cases}$$

$$\rightarrow U_{AK} = -\mu (-R_{L1} \cdot I_A) = +\mu R_{L1} I_A$$

$$\rightarrow U_{AK} = +\mu R_{L1} \cdot \frac{+HT2}{R_{L5} + (\mu + 1)R_{L1}}$$

$$\rightarrow U_{AK} = +HT2 \cdot \frac{\mu R_{L1}}{R_{L5} + (\mu + 1)R_{L1}}$$

V.N (valeurs numériques)

$$+HT2 = +330V; \mu = 60; R_{L1} = 1,1K\Omega; R_{L5} = 68K$$

$$\text{d'où } I_A = \frac{+330}{68 \cdot 10^3 + 61 \cdot 1,1 \cdot 10^3} = +2,44 \text{ mA}$$

$$\text{et } U_{AK} = \mu R_{L1} I_A = 60 \cdot 1,1 \cdot 10^3 \cdot 2,443 \cdot 10^{-3}$$

$$U_{AK} = +161,21V$$

$$\text{et } U_{GK} = -R_{L1} I_A = -1,1 \cdot 10^3 \cdot 2,443 \cdot 10^{-3} = -2,687V$$

$$U_{GK} = -2,69V$$

$$I_A = +2,44 \text{ mA}$$

$$U_{AK} = +161,21V$$

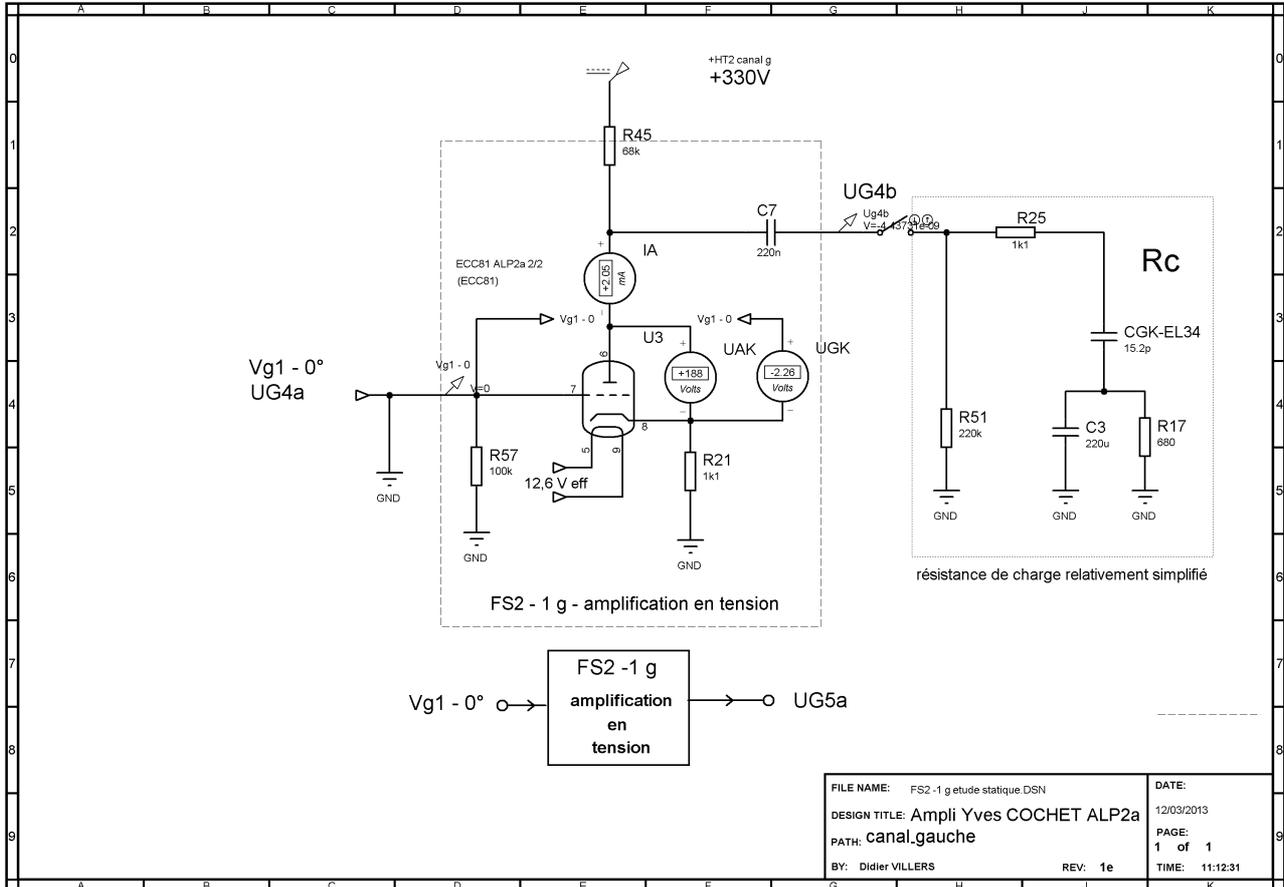
$$U_{GK} = -2,69V$$

le point de fonctionnement de U_3 2/2 est donc :

$$\begin{cases} U_{AK} = +161V \\ I_A = +2,4 \text{ mA} \end{cases}$$

SIMULATION

- Etude statique avec utilisation du modèle prospice du tube ECC81



Point de fonctionnement:

$$I_a = +2,05 \text{ mA}$$

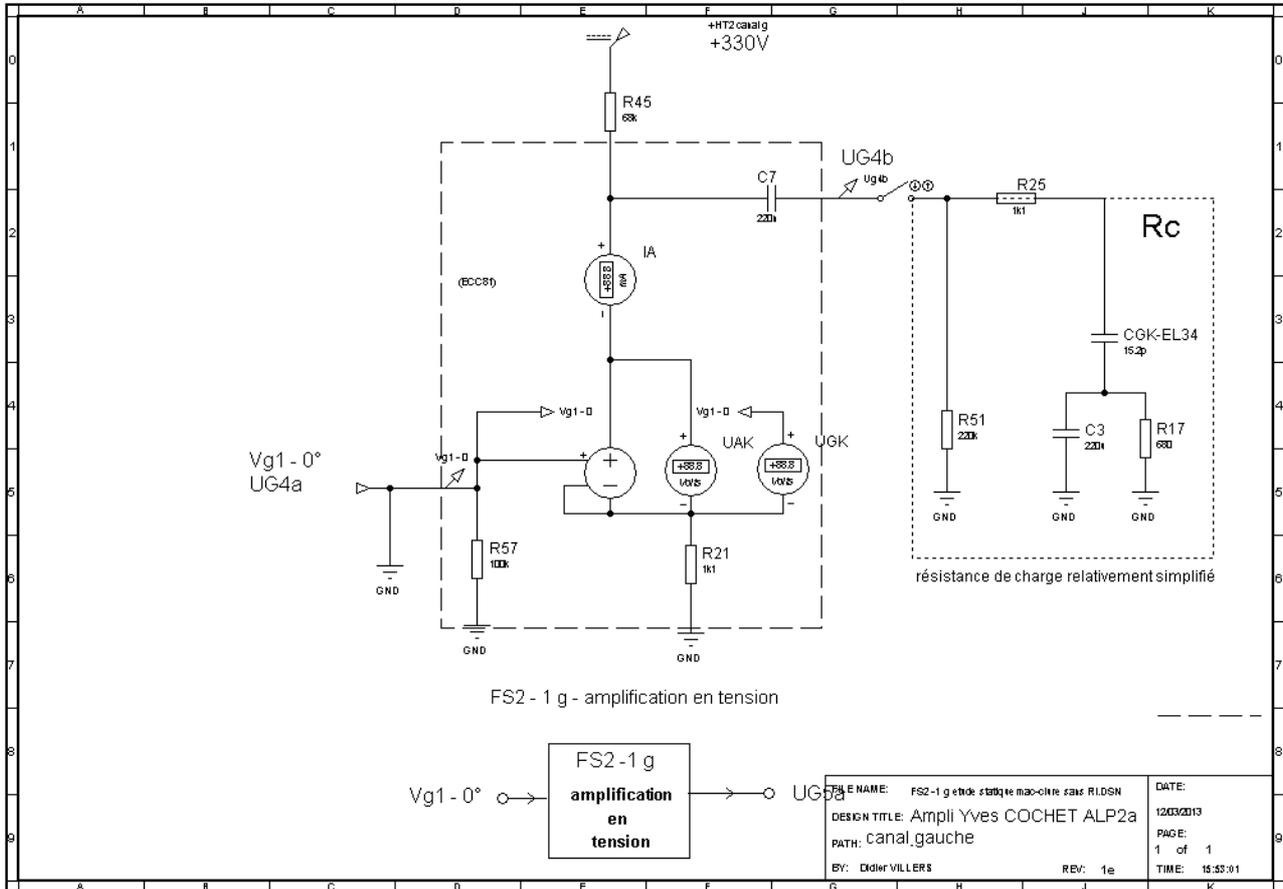
$$V_{ak} = +186\text{V}$$

et

$$V_{gk} = -2,26 \text{ V}$$

Etude de l'amplificateur ALP2a d'Yves COCHET

- Etude statique avec utilisation du modèle générique "M.C" du tube ECC81(sans Ri)



Point de fonctionnement:

$$I_a = +2,27 \text{ mA}$$

$$V_{ak} = +161 \text{ V}$$

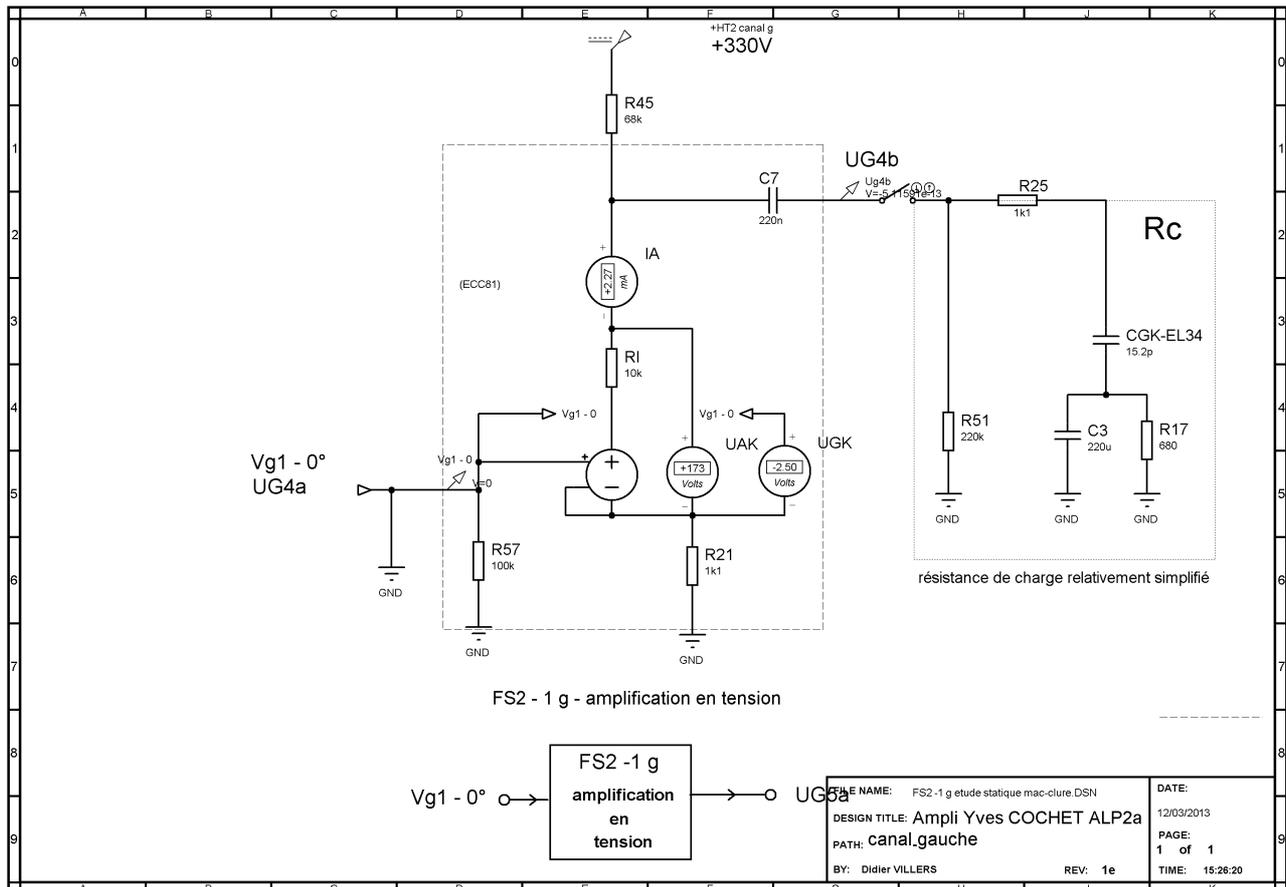
et

$$V_{gk} = -2,69 \text{ V}$$

Il est à noter que la résistance R_i ici n'apparaît pas dans ce schéma structurel.

Etude de l'amplificateur ALP2a d'Yves COCHET

- Etude statique avec utilisation du modèle générique "M.C" du tube ECC81(avec Ri)

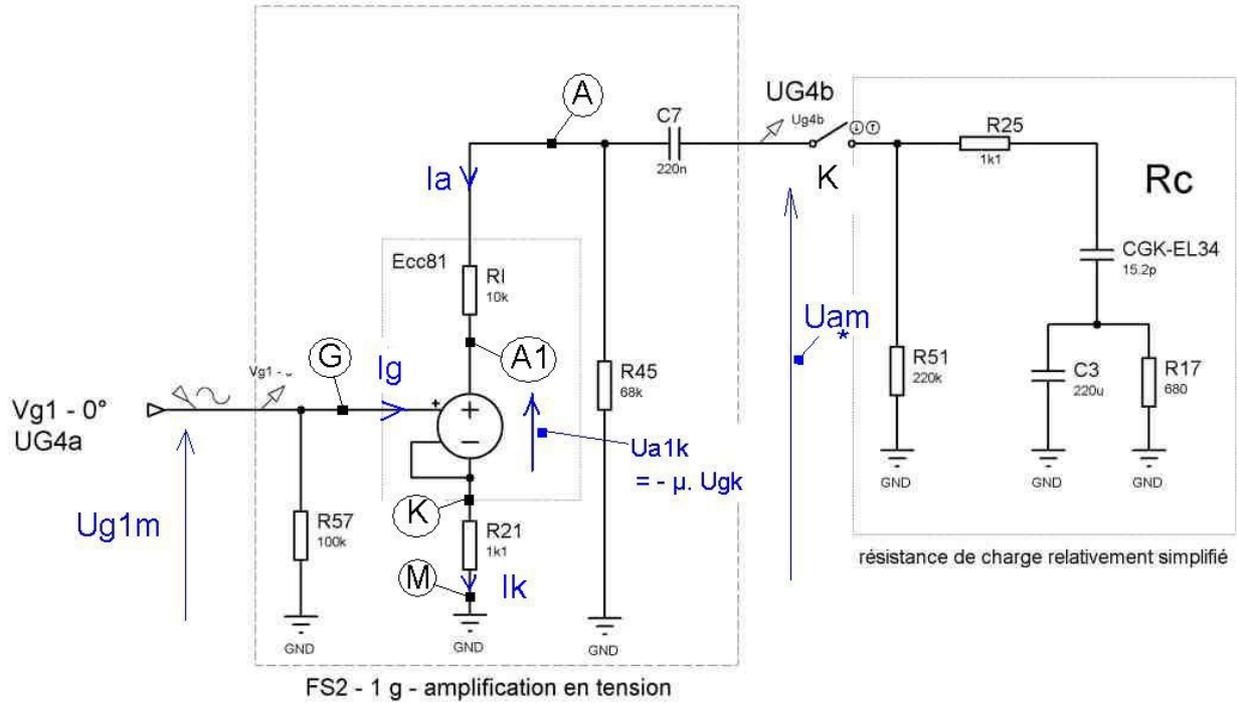


- Tableau récapitulatif du point de fonctionnement (statique: avec Input G = 0V)

	par le calcul	simulation modèle prospice 7	simulation modèle générique M.C. sans Ri	simulation modèle générique M.C. avec Ri
Vak (V)	161	188	161	173
Ia (mA)	2,44	2,05	2,44	2,27
Vgk (V)	-2,69	-2,26	-2,69	-2,5V

Les résultats par le calcul et la simulation modèle M.C. sont identiques ce qui valide mes calculs mais ne veut pas dire que c'est les résultats que nous trouverons avec les mesures...

5) Etude dynamique : calcul de l'amplification en tension



modèle équivalent de FS21g-1

FS 2019 Etude dynamique

1/2

Calcul de $A_v = \frac{U_{AM}}{U_{G1M}}$ (amplification en tension)

calcul sans résistance de charge (K ouvert)

$R_i = \rho = 10k\Omega$; $\mu = 60$; $i_A = i_K$ ($i_G = 0A$)
 le condensateur C_7 est supposé idéal.

$$U_{G1M} = U_{GK} + U_{KM} = U_{GK} + R_{21} I_A \quad (1)$$

$$U_{AM} = -R_{45} \cdot I_A \quad (2)$$

$$U_{AM} = R_i I_A + U_{AK} + R_{21} I_A$$

$$U_{AM} = R_i I_A + (-\mu U_{GK}) + R_{21} I_A$$

$$U_{AM} = R_i \cdot I_A - \mu U_{GK} + R_{21} \cdot I_A \quad (3)$$

$$(2) \rightarrow I_A = -\frac{U_{AM}}{R_{45}} \quad (4)$$

$$\left. \begin{array}{l} (3) \\ (4) \end{array} \right\} \rightarrow U_{AM} = -R_i \cdot \frac{U_{AM}}{R_{45}} - \mu U_{GK} - R_{21} \cdot \frac{U_{AM}}{R_{45}} \quad (5)$$

$$(1) \rightarrow U_{GK} = U_{G1M} - U_{KM} = U_{G1M} - R_{21} \cdot I_A$$

$$\rightarrow U_{GK} = U_{G1M} - R_{21} \cdot \frac{U_{AM}}{R_{45}} = U_{G1M} - \frac{R_{21}}{R_{45}} \cdot U_{AM} \quad (6)$$

$$\left. \begin{array}{l} (5) \\ (6) \end{array} \right\} \rightarrow U_{AM} = -\frac{R_i}{R_{45}} \cdot U_{AM} - \mu \left[U_{G1M} - \frac{R_{21}}{R_{45}} \cdot U_{AM} \right] - \frac{R_{21}}{R_{45}} \cdot U_{AM}$$

$$U_{AM} = -\frac{R_i}{R_{45}} \cdot U_{AM} - \mu U_{G1M} - \mu \frac{R_{21}}{R_{45}} \cdot U_{AM} - \frac{R_{21}}{R_{45}} \cdot U_{AM}$$

suite =>

$$U_{AM} + \frac{R_i}{R_{45}} \cdot U_{AM} + \mu \frac{R_{21}}{R_{45}} \cdot U_{AM} + \frac{R_{21}}{R_{45}} \cdot U_{AM} = -\mu U_{GIM} \quad 2/2$$

$$U_{AM} \left[1 + \frac{R_i}{R_{45}} + \mu \frac{R_{21}}{R_{45}} + \frac{R_{21}}{R_{45}} \right] = -\mu \cdot U_{GIM}$$

$$U_{AM} \left[1 + \frac{R_i}{R_{45}} + (1+\mu) \frac{R_{21}}{R_{45}} \right] = -\mu U_{GIM}$$

$$\Rightarrow \frac{U_{AM}}{U_{GIM}} = - \frac{\mu}{1 + \frac{R_i}{R_{45}} + (1+\mu) \frac{R_{21}}{R_{45}}}$$

multiplions chaque expression (N et D) par R_{45}

$$\Rightarrow \frac{U_{AM}}{U_{GIM}} = - \frac{\mu R_{45}}{R_{45} + R_i + (1+\mu) R_{21}}$$

divisons le numérateur N et le dénominateur D par μ

$$\Rightarrow \frac{U_{AM}}{U_{GIM}} = - \frac{R_{45}}{\frac{R_{45} + R_i}{\mu} + \left(1 + \frac{1}{\mu}\right) \cdot R_{21}}$$

V.N : $R_{45} = 68k\Omega$; $R_i = 10k\Omega$; $\mu = 60$; $R_{21} = 1,1k\Omega$

$$\rightarrow \boxed{A_v = -28,119}$$

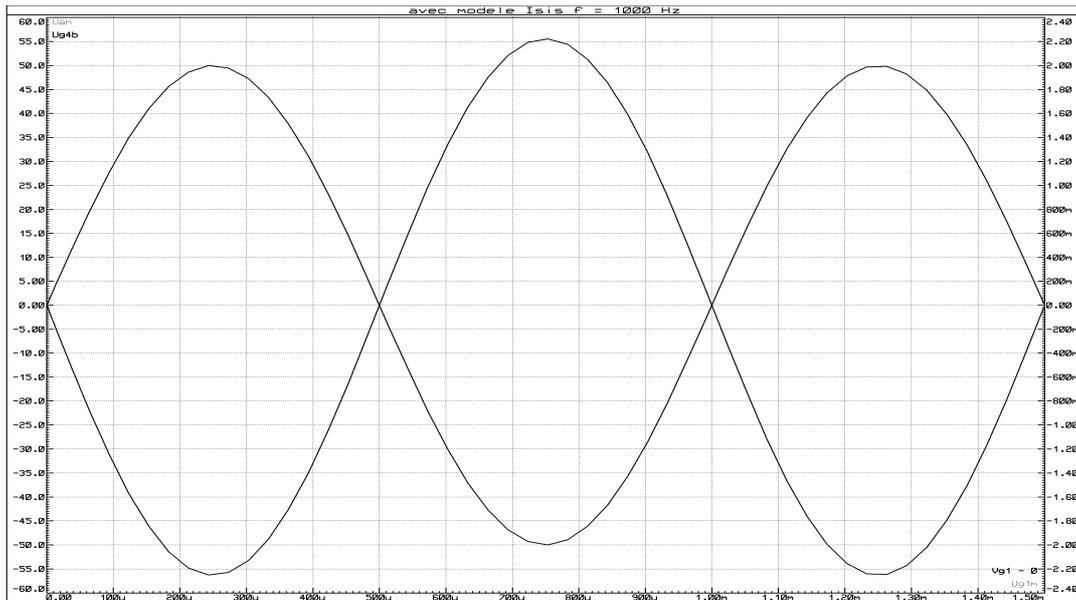
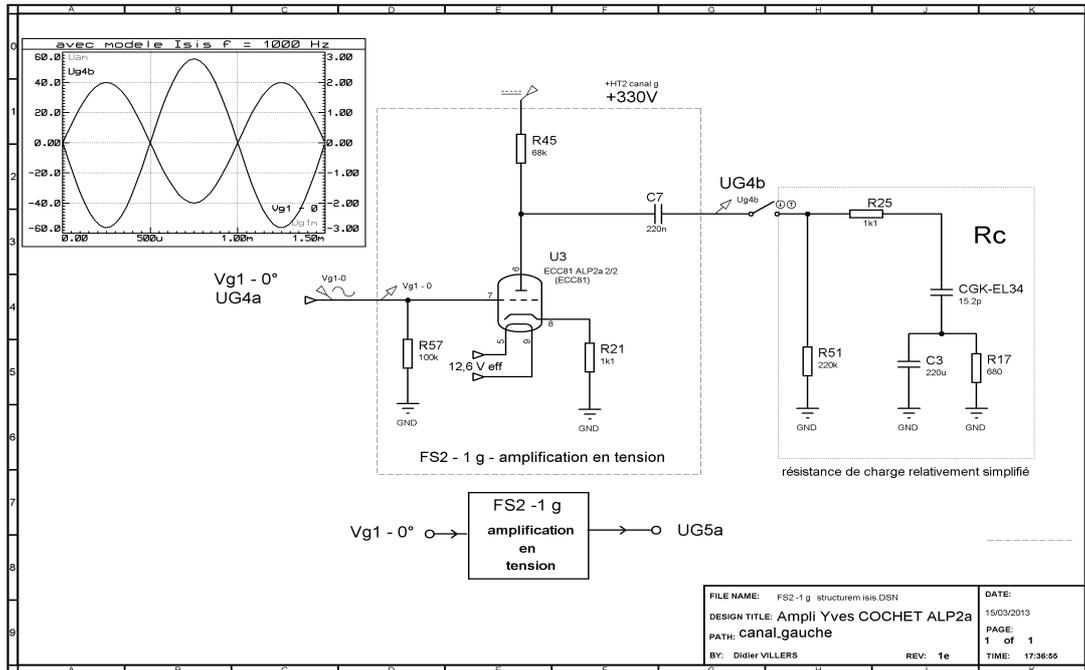
L'amplification en tension de la fonction FS2-1g est d'environ " -28

Le gain de la fonction est donc :

$$G_{dB} = 20 \log_{10}(|A_v|) = +28,98 \rightarrow \boxed{G_{dB} = +29dB}$$

Etude de l'amplificateur ALP2a d'Yves COCHET

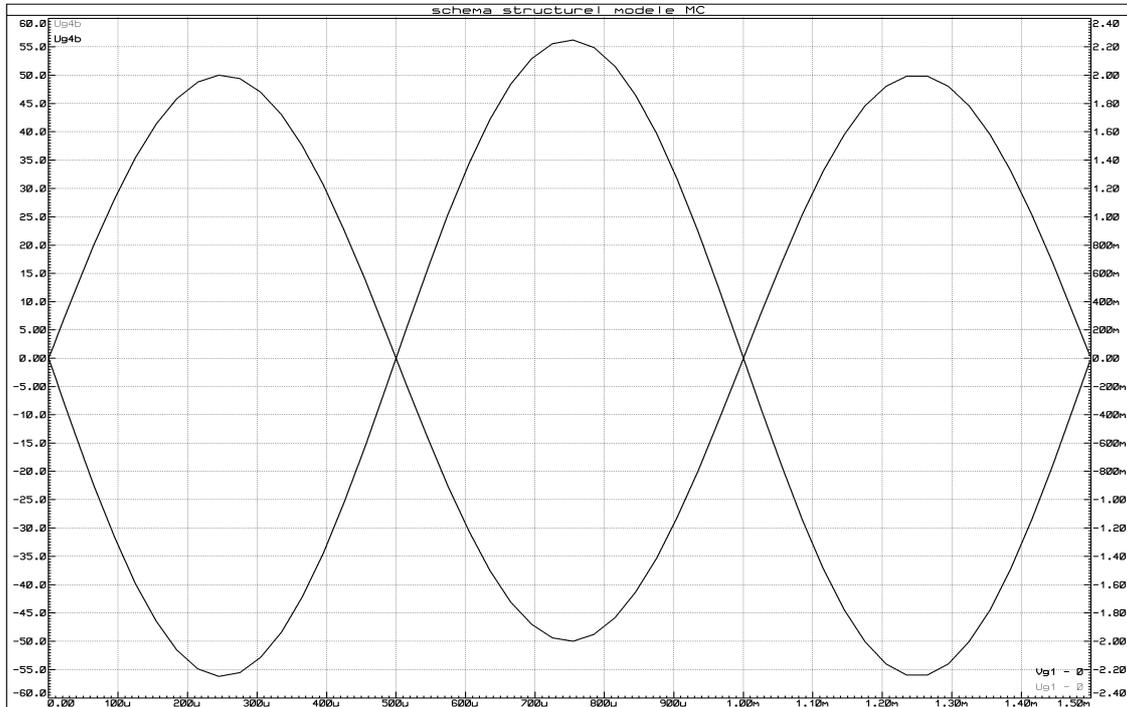
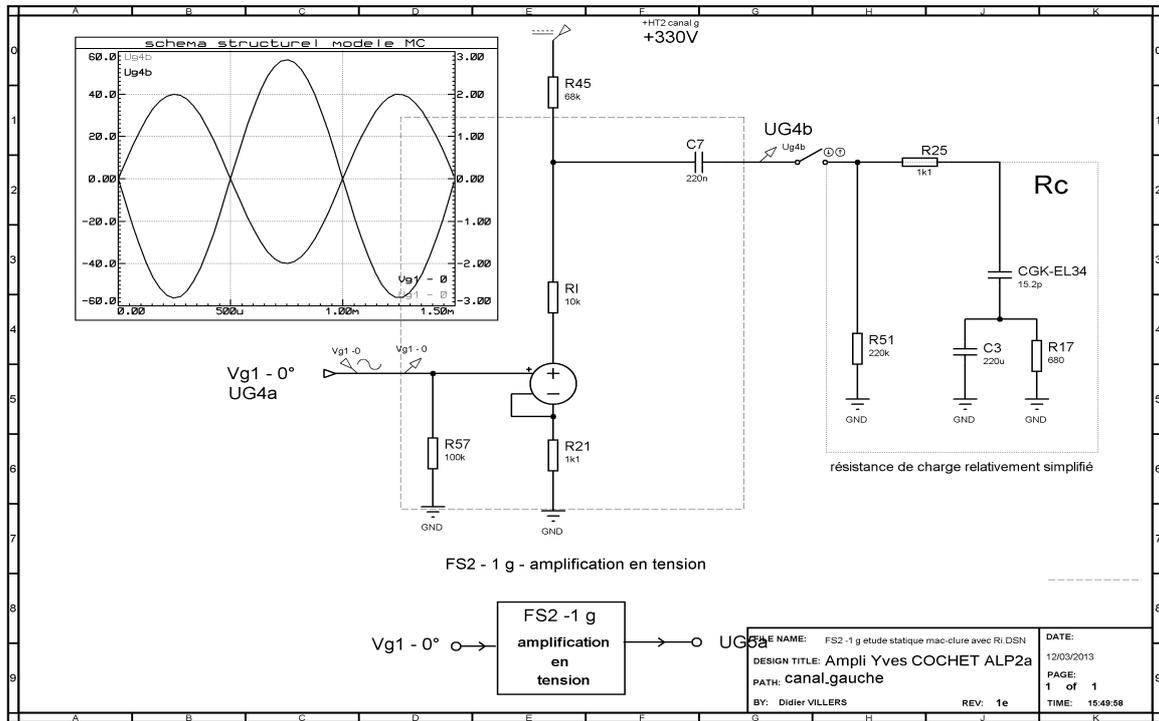
- structurel avec modèle isis



On trouve donc $A_v = -28,12$

Etude de l'amplificateur ALP2a d'Yves COCHET

- structurel avec modèle MC



On trouve donc $Av = -28$

Etude de l'amplificateur ALP2a d'Yves COCHET

Ci dessous le tableau récapitulatifs des calculs et des mesures de de la fonction FS2.1g:

FS2.1g	Av à vide	Av en charge
modèle pspice	-28,12	-23,8
modèle MC	-28	-24,3
modèle équivalent MC	-28,14	-24

La fréquence du signal sinusoïdal d'entrée est de 1000 Hz

- 6) Etude graphique avec utilisation de la documentation constructeur du tube ECC81

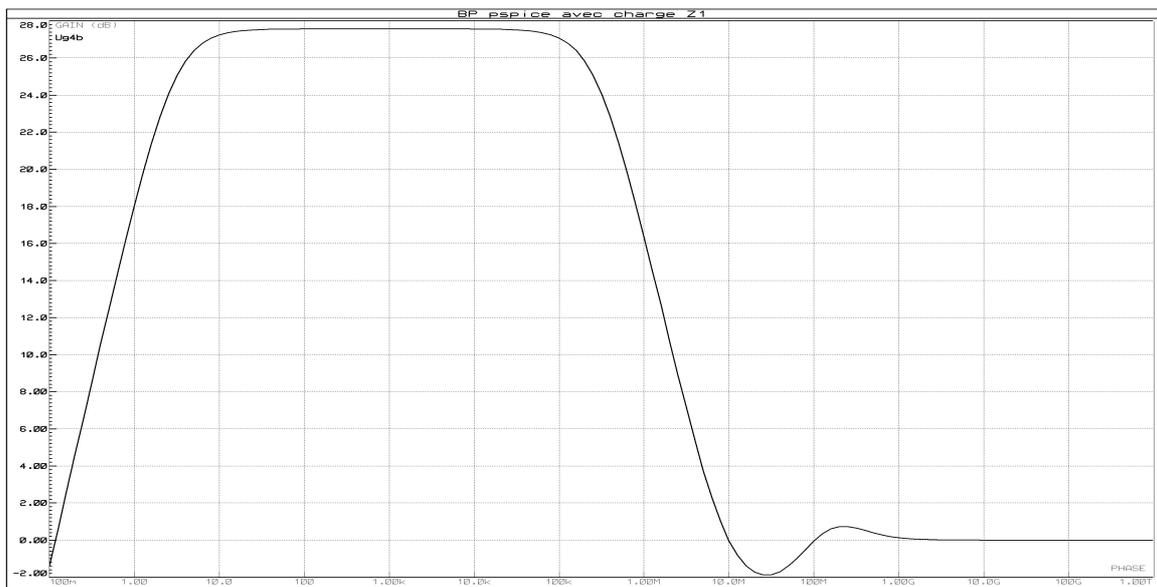
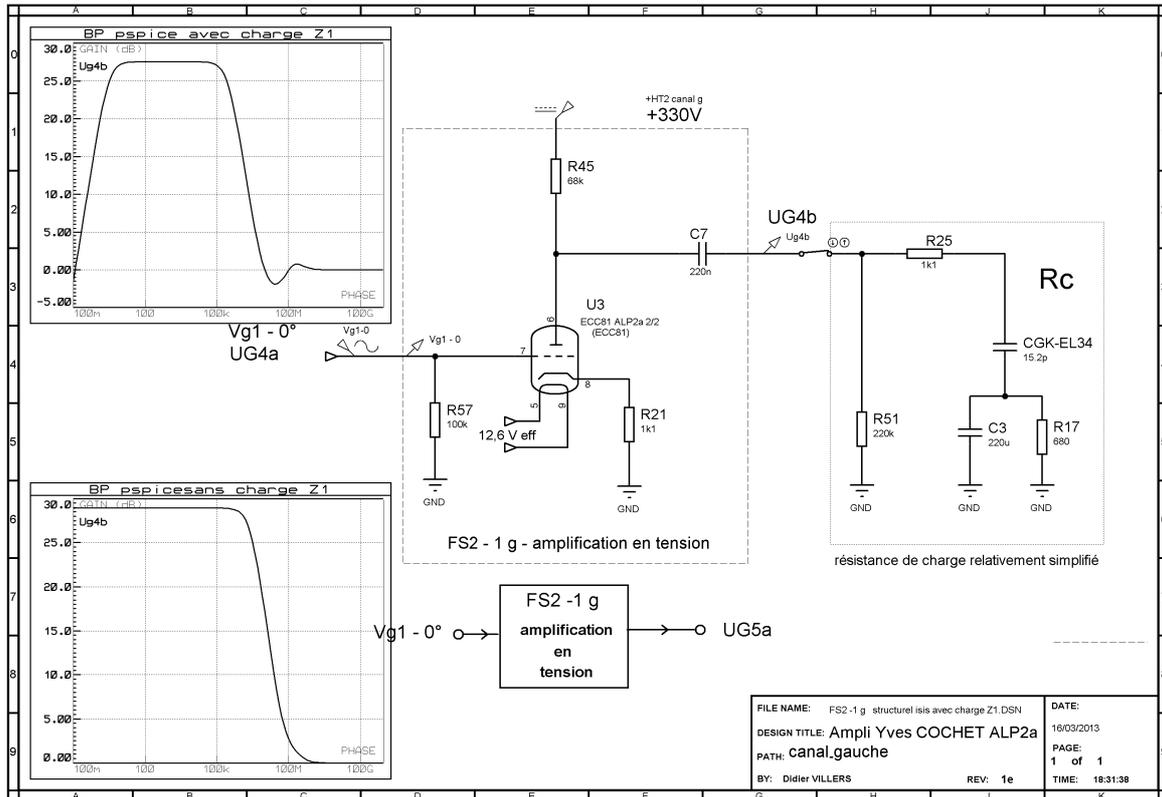
L'étude graphique de la fonction FS2 -1g est reportée à une date ultérieure

4) Etude fréquentielle

vérification à l'aide du simulateur

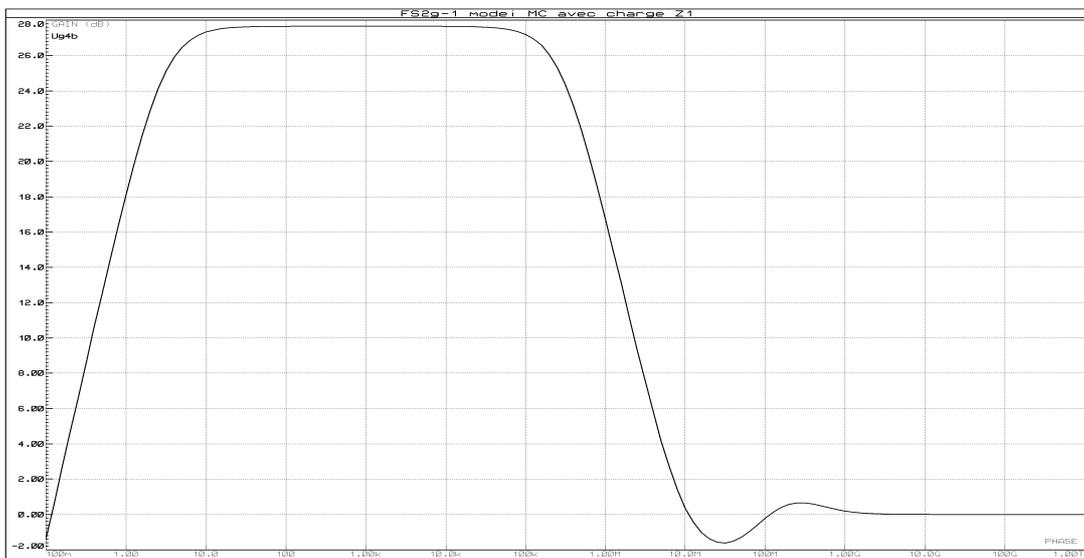
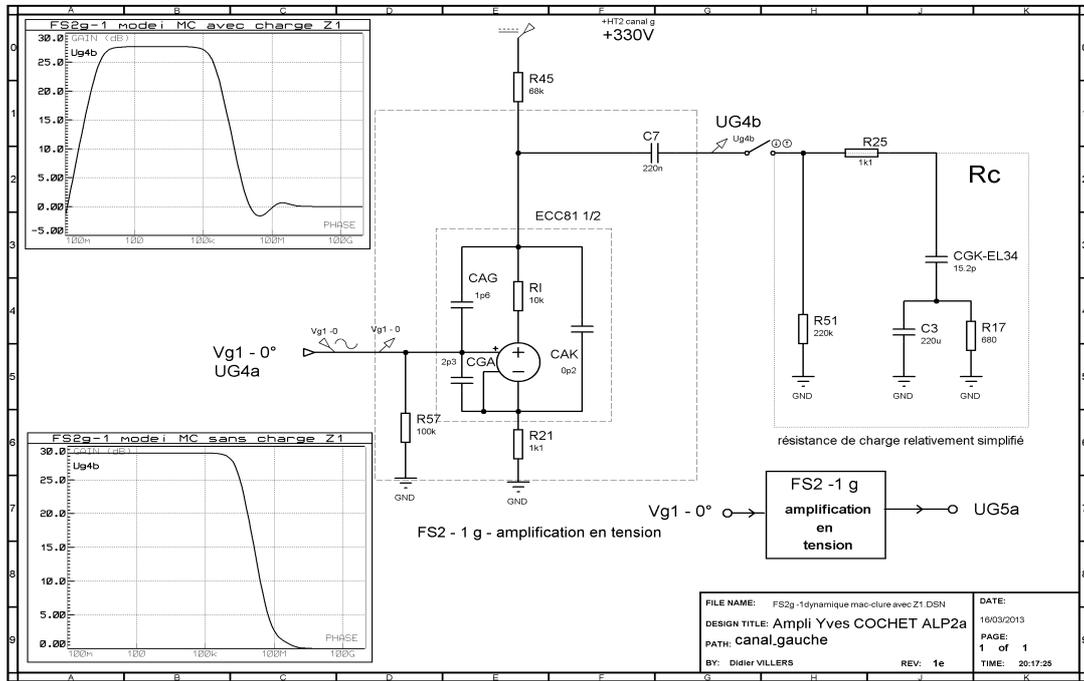
Simulation "avec" et "sans" charge Z1 (Rc)

- structurel avec modèle isis



Etude de l'amplificateur ALP2a d'Yves COCHET

- structurel avec modèle MC



- Tableau récapitulatif avec charge Z1 (Rc)

Bande passante (-3dB)	fmini	fmaxi	BP
modèle prospice	2,91 Hz	283 kHz	280 kHz
modèle MC	2,85 Hz	296 kHz	293 kHz

La simulation, quelque soit le modèle utilisé (pspice ou MC) donne des résultats similaires. En mettant une charge (impédance d'entrée de la fonction FP3) l'amplification A_v passe de -28 à 24 (pour $f = 1000$ Hz). Il faudra revenir sur ce problème. (problème probable de bande passante). Avec une modélisation simplifiée de l'impédance d'entrée de FP3, "Z1", la bande passante va d'environ 3 Hz à 280 kHz, ce qui ne doit pas poser de problème particulier. Attention il faudra revenir sur une modélisation plus poussée de l'impédance d'entrée de FP3: une bobine représentant le transformateur de sortie doit forcément apparaître.

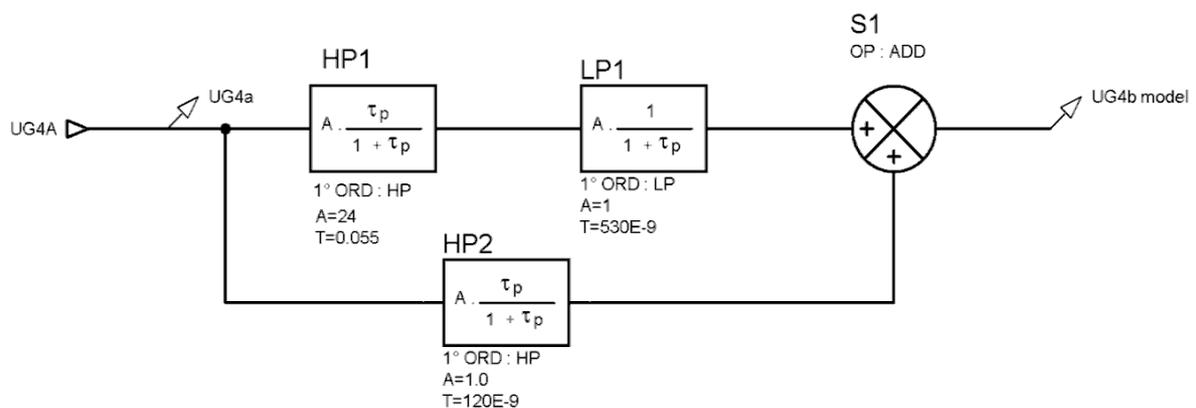
Sur le schéma structurel modèle MC, les valeurs des capacités sont les valeurs maximums données par la documentation constructeur (ECC81 philips 1969). A vue d'oeil, la distorsion du signal sinusoïdal ne semble pas visible. Il faudra approfondir la simulation, essayer avec un signal triangulaire, etc

5) Modélisation

Modélisation avec le modèle prospice d'Isis de Protéus version 7

L'étude fréquentielle me permet de définir les paramètres pour la modélisation de FS2g-1. La méthode pour déterminer le modèle est la même que celle de l'étude de FP1. Le modèle trouvé est le suivant:

Modèle de Laplace de FS2g-1



Comme pour les modèles de FS1g-1 et FS1g2, j'ai été obligé de "bricoler" les coefficients A et T pour obtenir la courbe de Bode désirée au plus près du résultat obtenu par simulation. Je ne m'explique pas pourquoi ? Il faudra revenir sur ce problème. Par contre, pour le paramètre A de HP1, la justification de la diminution de s'explique par la charge Rc qui "éfondre" la valeur du signal UG4b (c'est justifié mais ce n'est démontré par le calcul: à creuser)

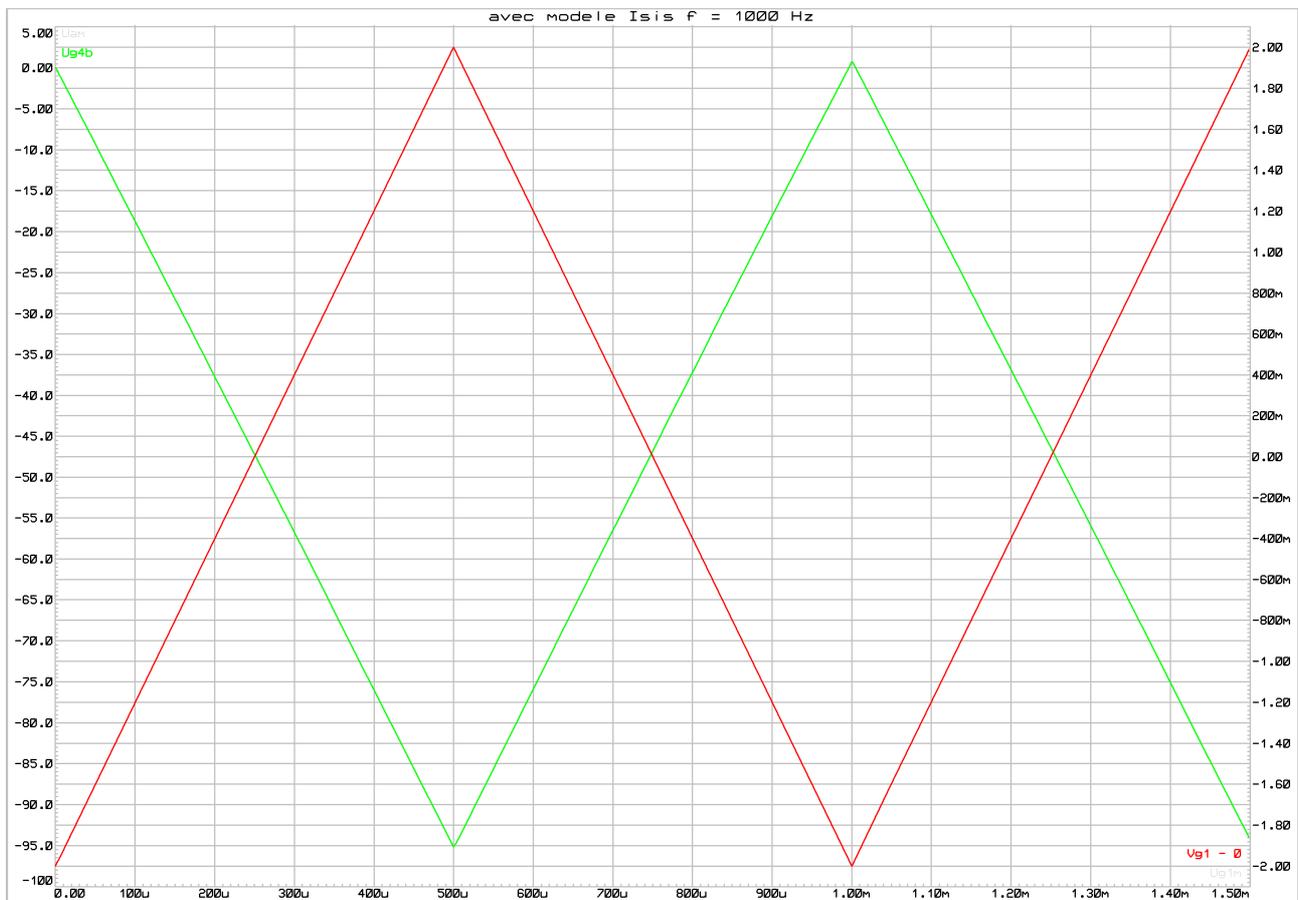
6) Etude temporelle

Signal d'entrée triangulaire

J'utilise un signal triangulaire pour visualiser la linéarité du signal de sortie de la fonction FS1-1 "amplification".

Fréquences retenues:

1 Hz – 10 Hz – 20 Hz – 100 Hz – 1000 Hz – 5000 Hz – 10 kHz – 20 kHz – 100 kHz - 1 Mhz



De 1 à 1000Hz la linéarité est pratiquement parfaite. A 5000Hz on aperçoit déjà la distorsion du signal sur les pointes. Les autres courbes sont situées dans le document " Ampli Yves Cochet Etude de FP1g – FS1g-1 annexe 1". A une fréquence de 1Mhz, c'est beaucoup moins bien... on surfe alors avec une sinusoïde mais bon c'est le fun. On aperçoit les premières déformations du signal de sortie vers 5000 Hz, en particulier sur les pointes du signal triangulaire. Il serait intéressant de jouer sur les valeurs des capacités

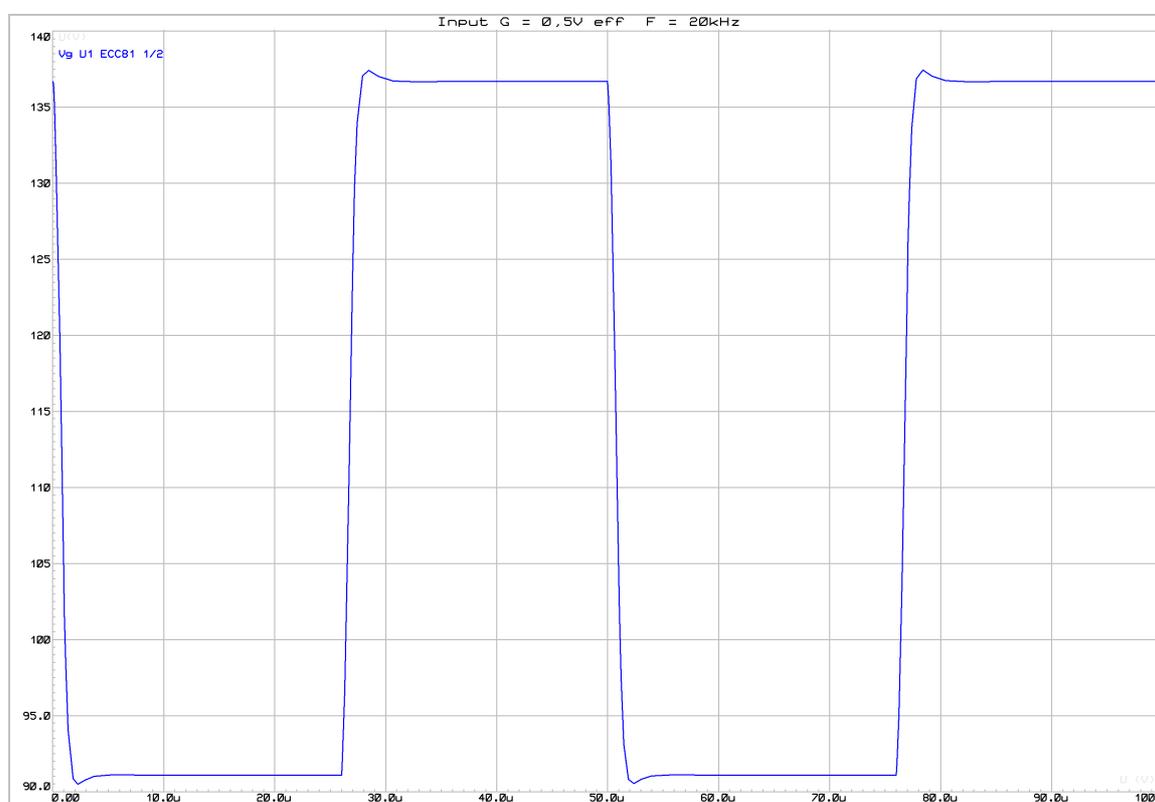
parasites sur le modèle de Mac-Clure pour voir si l'on peut identifier la cause principale de cette distorsion. Il y a peut de différences entre les signaux de sortie avec ou sans charge (résistance de 1 M Ω et condensateur de 2,2pF qui représente l'impédance d'entrée de la grille de la triode ECC81 (1/2).

Signal d'entrée rectangulaire

Fréquences retenues:

J'utilise un signal rectangulaire pour visualiser les temps de montées et de descentes du signal de sortie de la fonction FS1-1 "amplification".

1 Hz – 10 Hz – 20 Hz – 100 Hz – 1000 Hz – 5000 Hz – 10 kHz – 20 kHz – 100 kHz - 1 Mhz

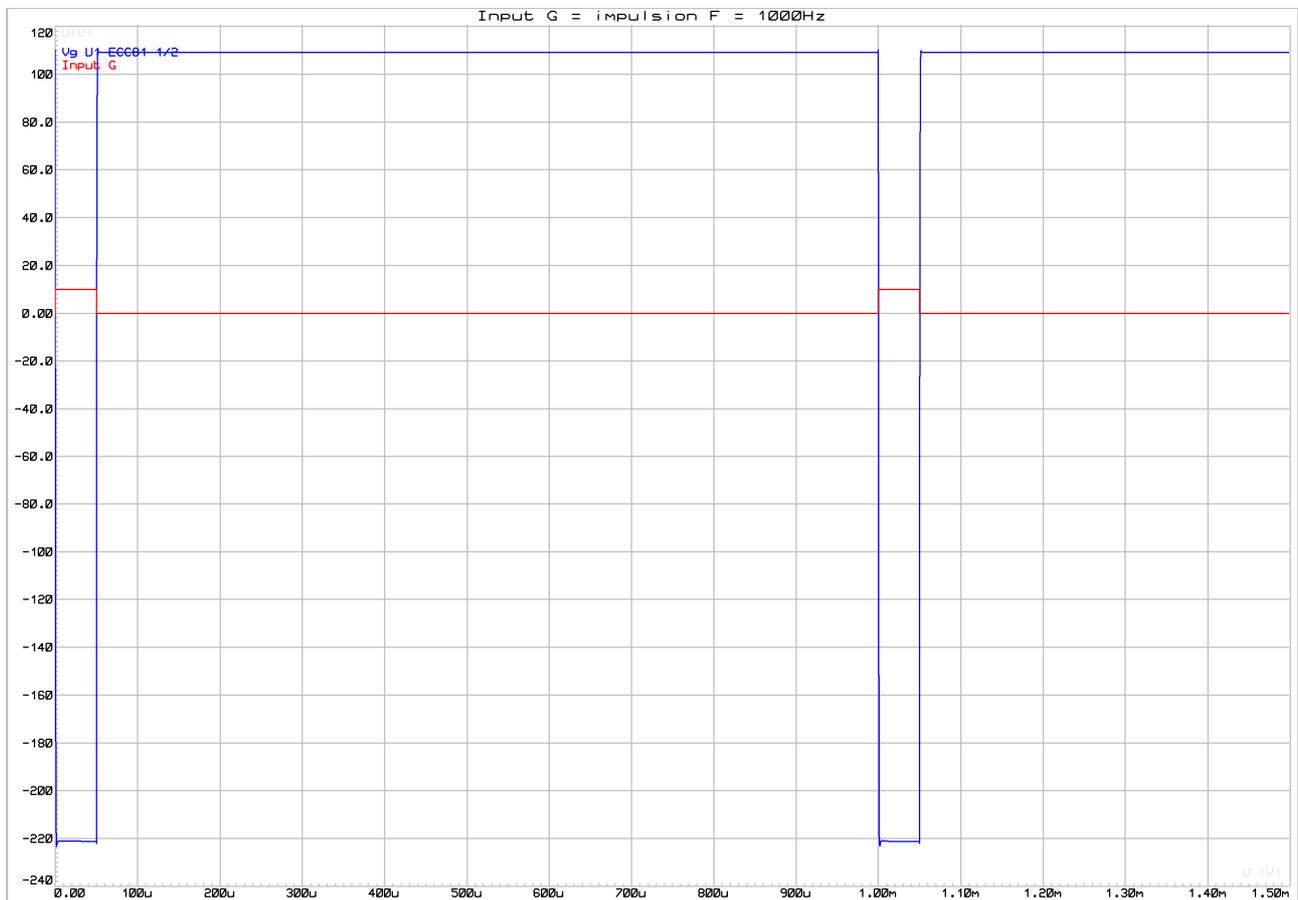


De 10 à 10kHz le signal de sortie est pratiquement la réplique exacte du signal d'entrée . A 20kHz on aperçoit un léger dépassement. Les autres courbes sont situées dans le document " Ampli Yves Cochet Etude de FP1g – FS1g-1 annexe 2". A une fréquence de 1Mhz, nous avons alors un très joli intégrateur. Il faudrait améliorer la qualité de la simulation d'un point de vue nombre de points calculés. Il faut aussi mesurer les temps de montées et de descente du signal rectangulaire. On verra plus tard. (peut être...). Il y a peut de différences entre les signaux de sortie avec ou sans charge (résistance de 1 M Ω

et condensateur de 2,2pF qui représente l'impédance d'entrée de la grille de la triode ECC81 (1/2).

Signal d'entrée impulsionnel

1 Hz – 10 Hz – 20 Hz – 100 Hz – 1000 Hz – 10 kHz – 20 kHz – 100 kHz - 500kHz -1 Mhz



Les signaux d'impulsion +10V et de durée très faible par rapport à la période sont quasi-identiques jusqu'à 10 kHz. A 20kHz la distorsion est visible. Après on navigue sur la mer: jolie courbe de charge de condensateur ou d'intégrateur. Il y a peu de différence avec ou sans charge Z_e . Il faut maintenant faire des mesures pour confirmer ou infirmer ces courbes de simulation et pouvoir conclure.

À suivre