Reverse engineering sur ampli 13 cm Powerwave 3 étages

Release 1a
The last but not the least !

Vue d’ensemble

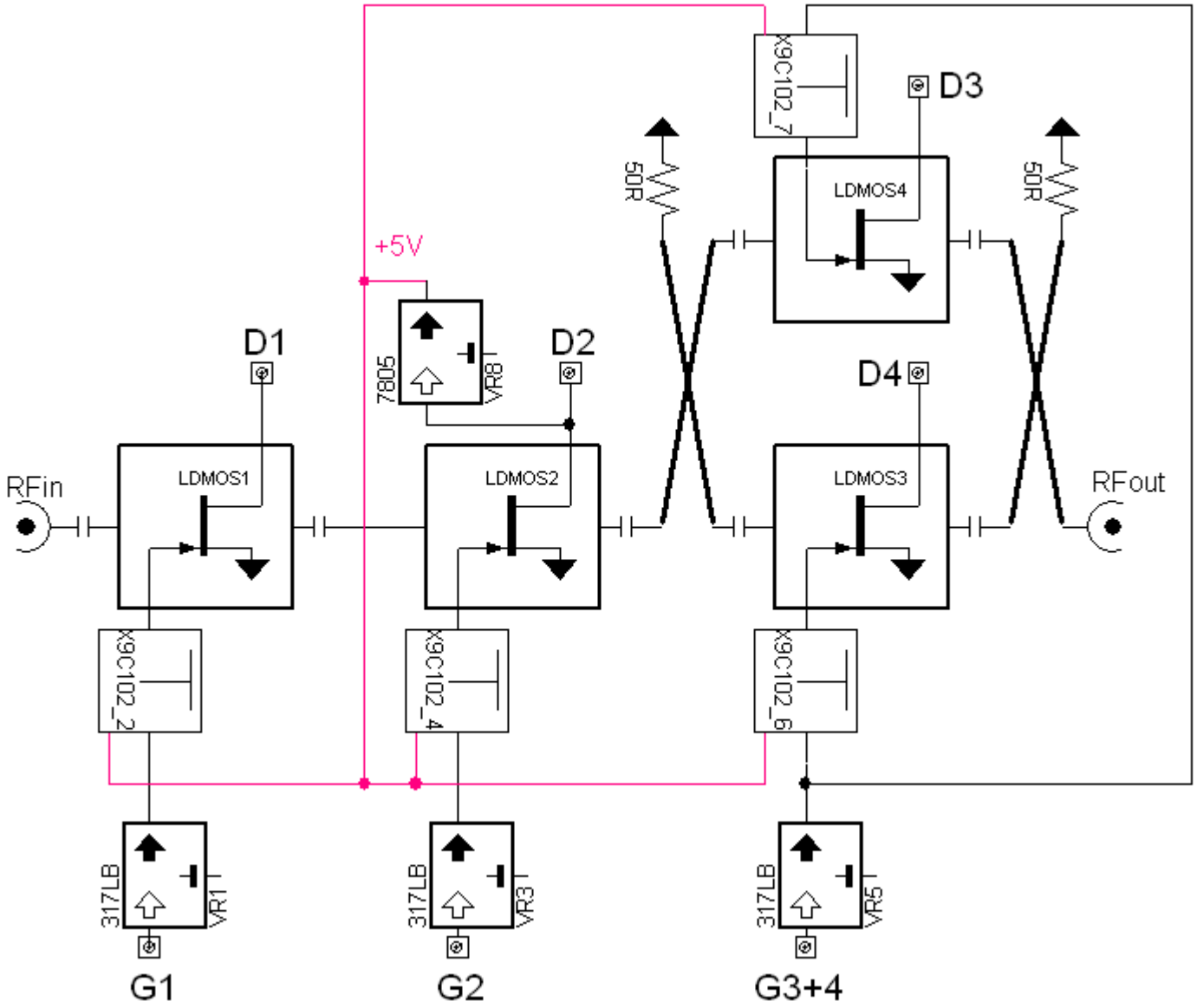
Ampli de puissance 3 étages à très grand gain et de conception plus récente
Trimmers 10 tours grilles remplacés par des potentiomètres numériques

Plan

1- Synoptique
2- Aspect général - zooms
3- Règlage de courants drain des LDMOS
4- Mesures scalaire et en compression avant nouveaux règlages RF
5- Mesures scalaire et en compression après nouveaux règlages RF
6- Conclusion

1- Synoptique

Synoptique, schéma simplifié



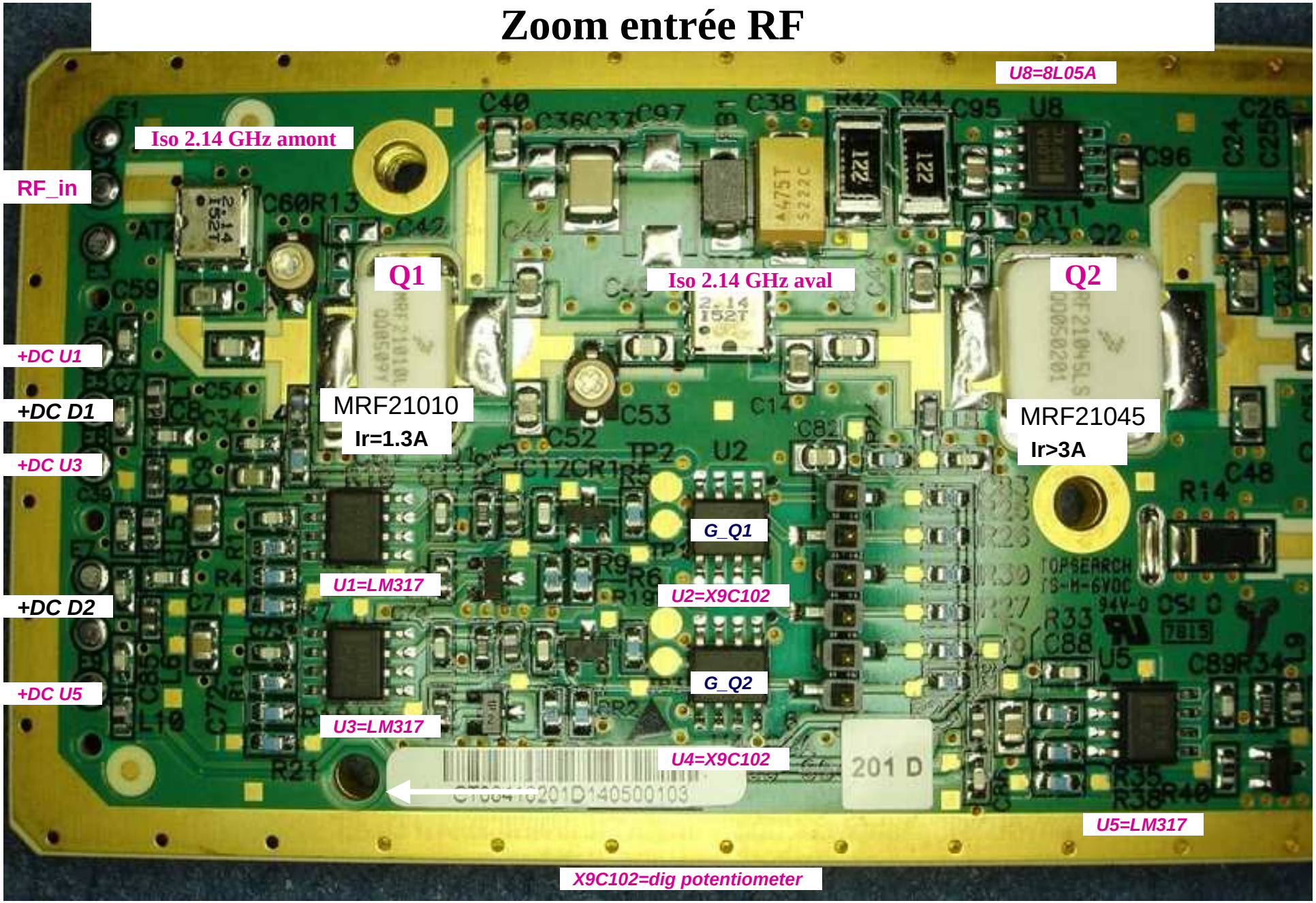
2- Aspect et zooms

Aspect entier

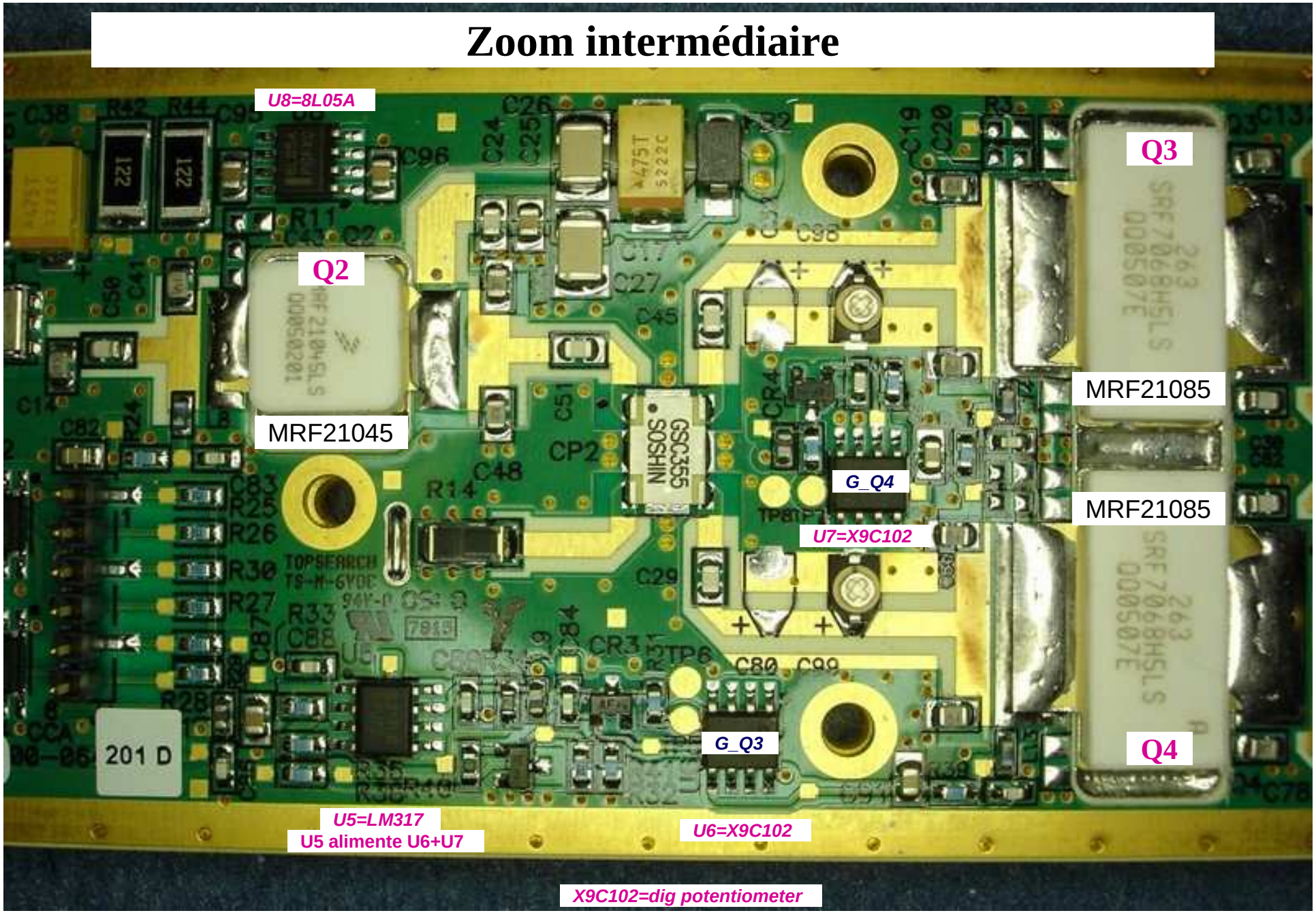
Dimensions totales 180 x54, H=5 environ

Powerwave 200-06416-001A

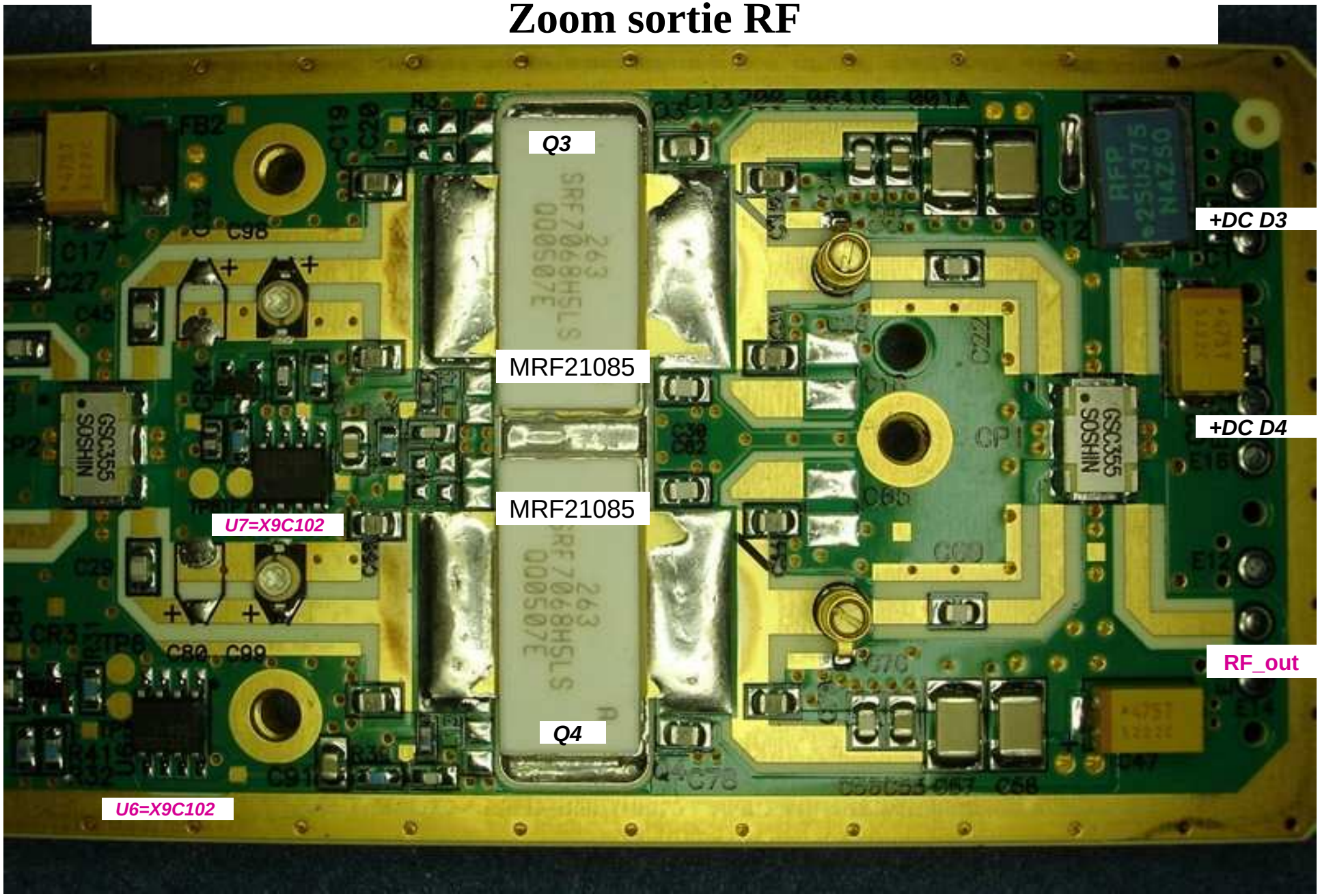
Zoom entrée RF



Zoom intermédiaire



Zoom sortie RF



Caractéristiques des coupleurs utilisés

SOSHIN ELECTRIC CO., LTD.

GSC355-HYB2150

2.15GHz Band 90Deg. Chip Hybrid Coupler

Inquiry

Compact & High power capability.

Application

for RF power amplifier (Base station)

Characteristics

GSC355-HYB2150

Impedance	50 ohm Nominal
Frequency Range	2100-2200MHz
Average Coupling Insertion Loss	0.2dB max (Typ. 0.16dB)
Amplitude Level Balance	0.2dB max. (S21-S31)
Phase Balance	90+/-2 Degrees
V.S.W.R	1.18 max
Isolation	23dB min.
Input Power	200W Avg/CW
Operating Temperature	-40 up to 125 Deg.C
Storage Temperature	-40 up to 85 Deg.C
	(-20 up to 35 Deg.C for tape and reel materials)

Number of ordered pieces

1000pcs/Reel

Dimensions

3- Règlage de courant drain des LDMOS

- **Potentiomètre numérique X9C102 : principe**
- **Etude d'une alimentation grille : chaque étage driver puis étage final**
- **Matrice de programmation, règlages à l'aide de switchs**
- **Alimentation +5V propre à tous les X9C102**
- **Modification d'un LM317 d'une alimentation grille pour notre application OM**
- **Courants de repos des LDMOS, règlages usine puis revus**

Localisation des potentiomètres règlage grille

Ils sont introuvables - - car remplacés par le potentiomètre à mémoire X9C102 !

intersil

X9C102, X9C103, X9C104, X9C503

Data Sheet | **July 20, 2009** | **FN8222.3**

Digitally Controlled Potentiometer (XDCP™)

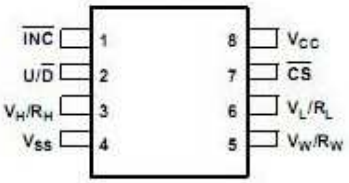
The X9C102, X9C103, X9C104, X9C503 are Intersils' digitally controlled (XDCP) potentiometers. The device consists of a resistor array, wiper switches, a control section, and non-volatile memory. The wiper position is controlled by a three-wire interface.

The potentiometer is implemented by a resistor array composed of 99 resistive elements and a wiper switching network. Between each element and at either end are tap points accessible to the wiper terminal. The position of the wiper element is controlled by the $\overline{CS}$, U/$\overline{D}$, and $\overline{INC}$ inputs. The position of the wiper can be stored in non-volatile memory and then be recalled upon a subsequent power-up operation.

The device can be used as a three-terminal potentiometer or as a two-terminal variable resistor in a wide variety of applications ranging from control to signal processing to parameter adjustment.

Pinout

X9C102, X9C103, X9C104, X9C503
(8 LD SOIC, 8 LD PDIP)
TOP VIEW

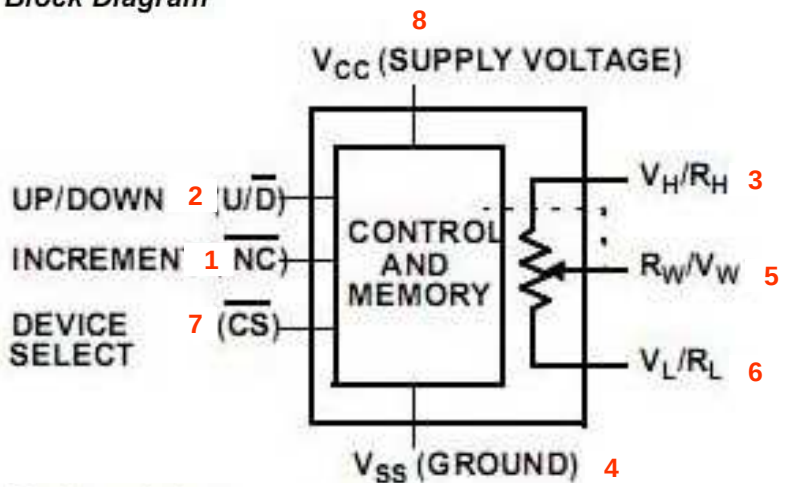


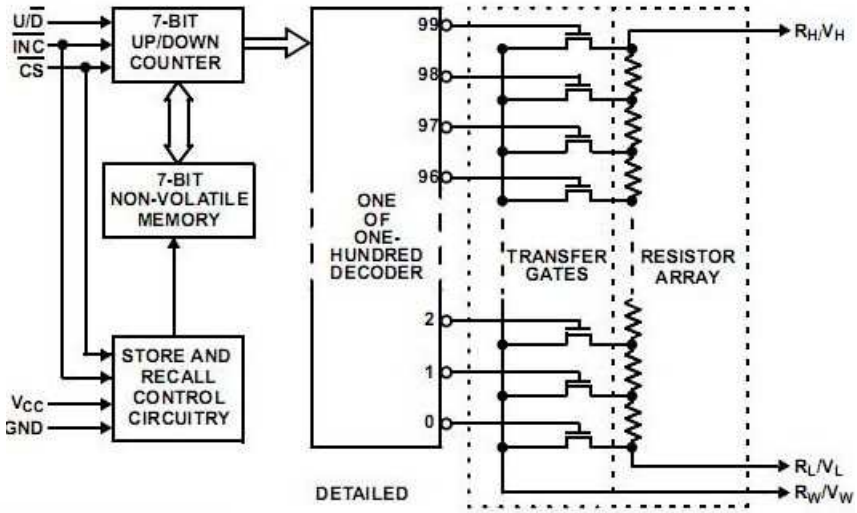
Features

- Solid-State Potentiometer
- Three-Wire Serial Interface
- 100 Wiper Tap Points
  - Wiper Position Stored in Non-volatile Memory and Recalled on Power-up
- 99 Resistive Elements
  - Temperature Compensated
  - End-to-End Resistance, ±20%
  - Terminal Voltages, ±5V
- Low Power CMOS
  - V_{CC} = 5V
  - Active Current, 3mA max.
  - Standby Current, 750µA max.
- High Reliability
  - Endurance, 100,000 Data Changes per Bit
  - Register Data Retention, 100 years
- X9C102 = 1kΩ
- X9C103 = 10kΩ
- X9C503 = 50kΩ
- X9C104 = 100kΩ
- Packages
  - 8 Ld SOIC
  - 8 Ld PDIP
- Pb-Free Available (RoHS Compliant)

Potentiomètre digital à mémoire X9C102

Block Diagram

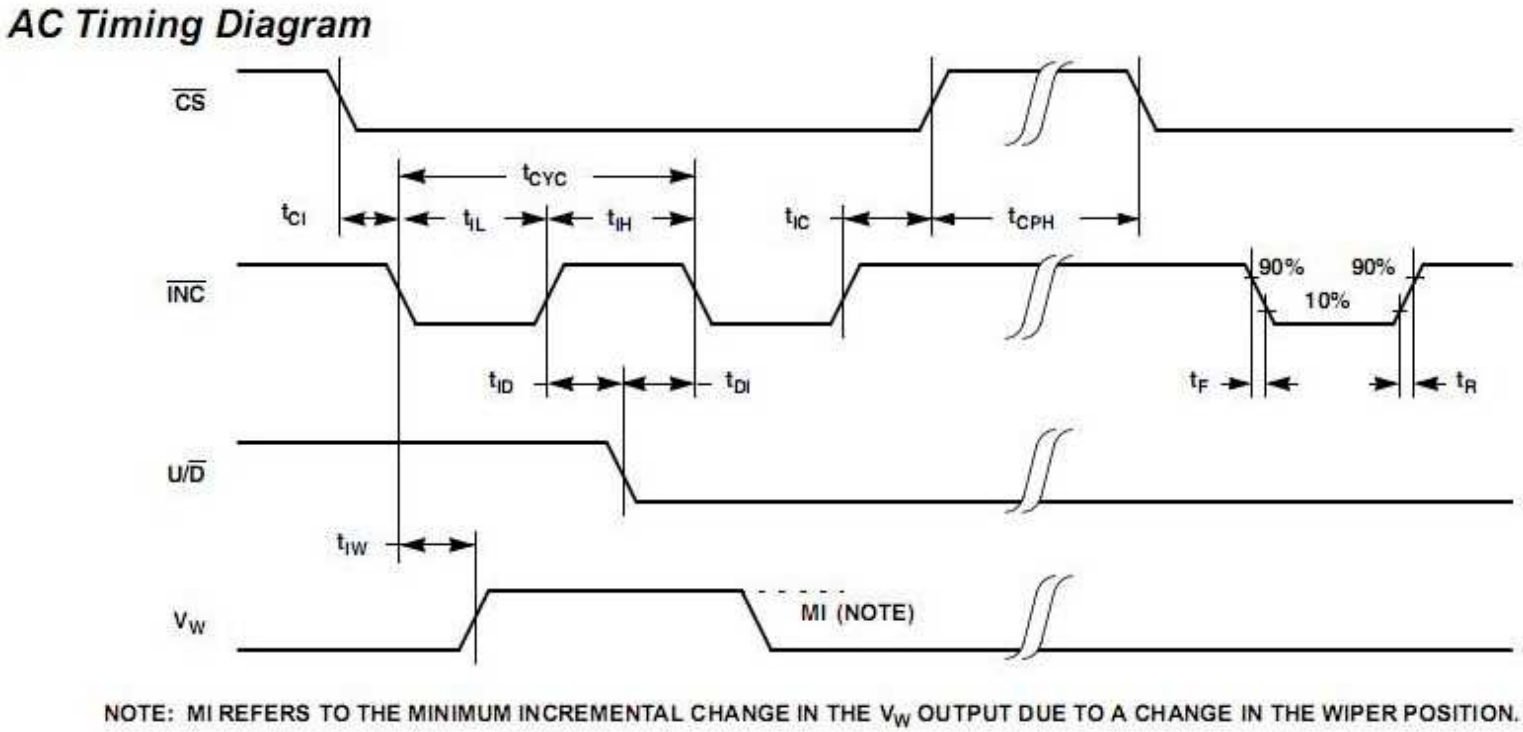




Pin Descriptions

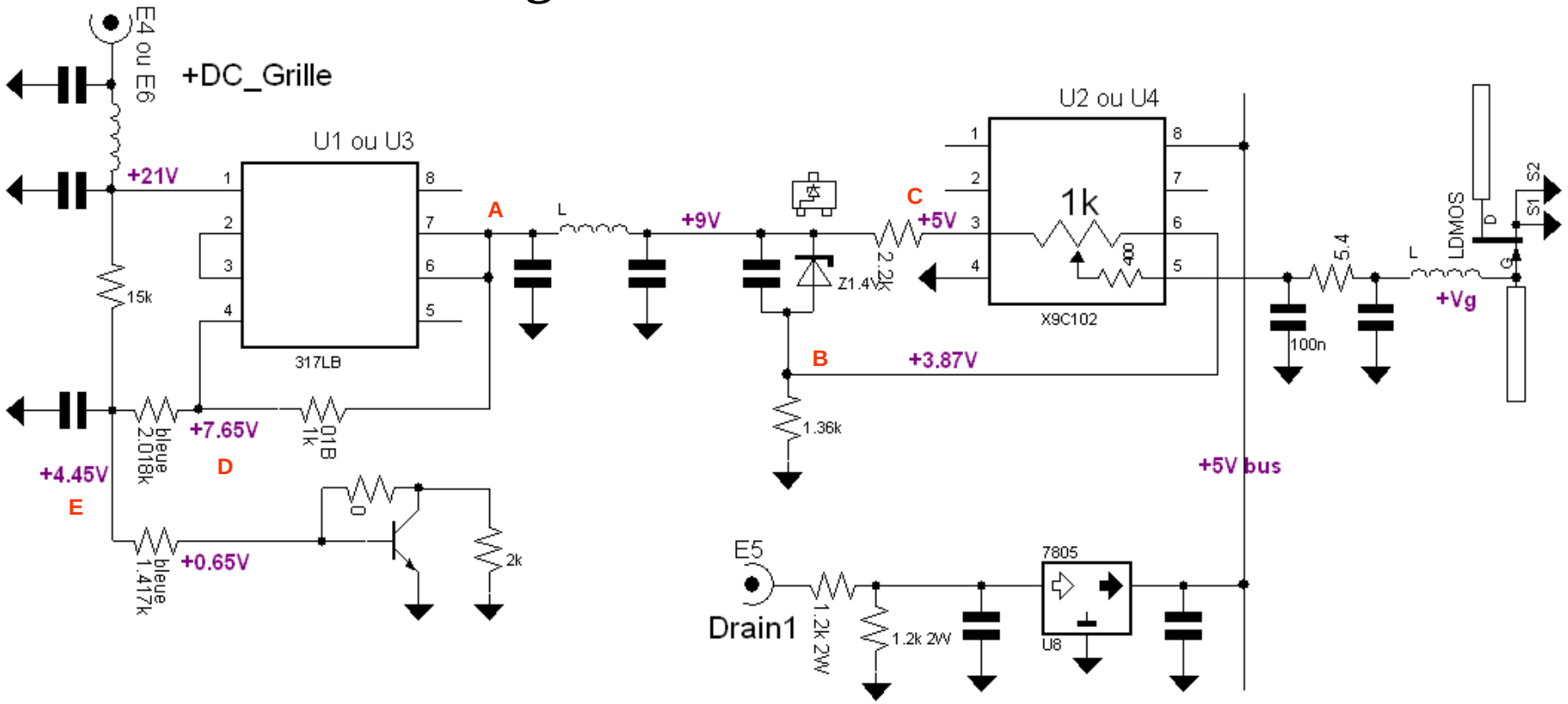
PIN NUMBER	PIN NAME	DESCRIPTION
1	$\overline{INC}$	**INCREMENT** The $\overline{INC}$ input is negative-edge triggered. Toggling $\overline{INC}$ will move the wiper and either increment or decrement the counter in the direction indicated by the logic level on the U/$\overline{D}$ input.
2	U/$\overline{D}$	**UP/DOWN** The U/$\overline{D}$ input controls the direction of the wiper movement and whether the counter is incremented or decremented.
3	V_H/R_H	**V_H/R_H** The high (V_H/R_H) terminals of the X9C102, X9C103, X9C104, X9C503 are equivalent to the fixed terminals of a mechanical potentiometer. The minimum voltage is -5V and the maximum is +5V. The terminology of V_H/R_H and V_L/R_L references the relative position of the terminal in relation to wiper movement direction selected by the U/$\overline{D}$ input and not the voltage potential on the terminal.
4	V_{SS}	**V_{SS}**
5	V_W/R_W	**V_W/R_W** V_W/R_W is the wiper terminal and is equivalent to the movable terminal of a mechanical potentiometer. The position of the wiper within the array is determined by the control inputs. The wiper terminal series resistance is typically 40Ω.
6	R_L/V_L	**R_L/V_L** The low (V_L/R_L) terminals of the X9C102, X9C103, X9C104, X9C503 are equivalent to the fixed terminals of a mechanical potentiometer. The minimum voltage is -5V and the maximum is +5V. The terminology of V_H/R_H and V_L/R_L references the relative position of the terminal in relation to wiper movement direction selected by the U/$\overline{D}$ input and not the voltage potential on the terminal.
7	$\overline{CS}$	**$\overline{CS}$** The device is selected when the $\overline{CS}$ input is LOW. The current counter value is stored in non-volatile memory when $\overline{CS}$ is returned HIGH while the $\overline{INC}$ input is also HIGH. After the store operation is complete the X9C102, X9C103, X9C104, X9C503 device will be placed in the low power standby mode until the device is selected once again.
8	V_{CC}	**V_{CC}**

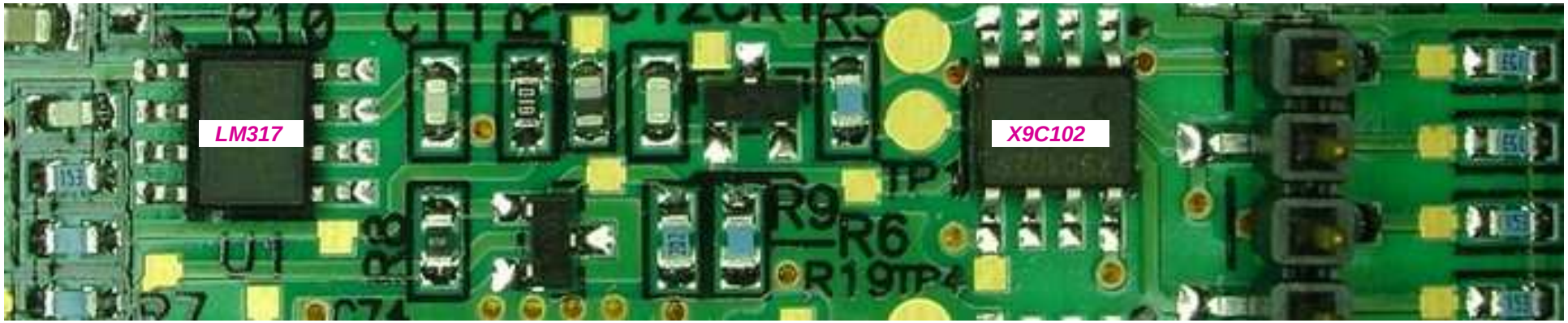
Potentiomètre digital à mémoire X9C102



NOTE: MI REFERS TO THE MINIMUM INCREMENTAL CHANGE IN THE V_W OUTPUT DUE TO A CHANGE IN THE WIPER POSITION.

Alime grille LDMOS1 ou 2 d'usine



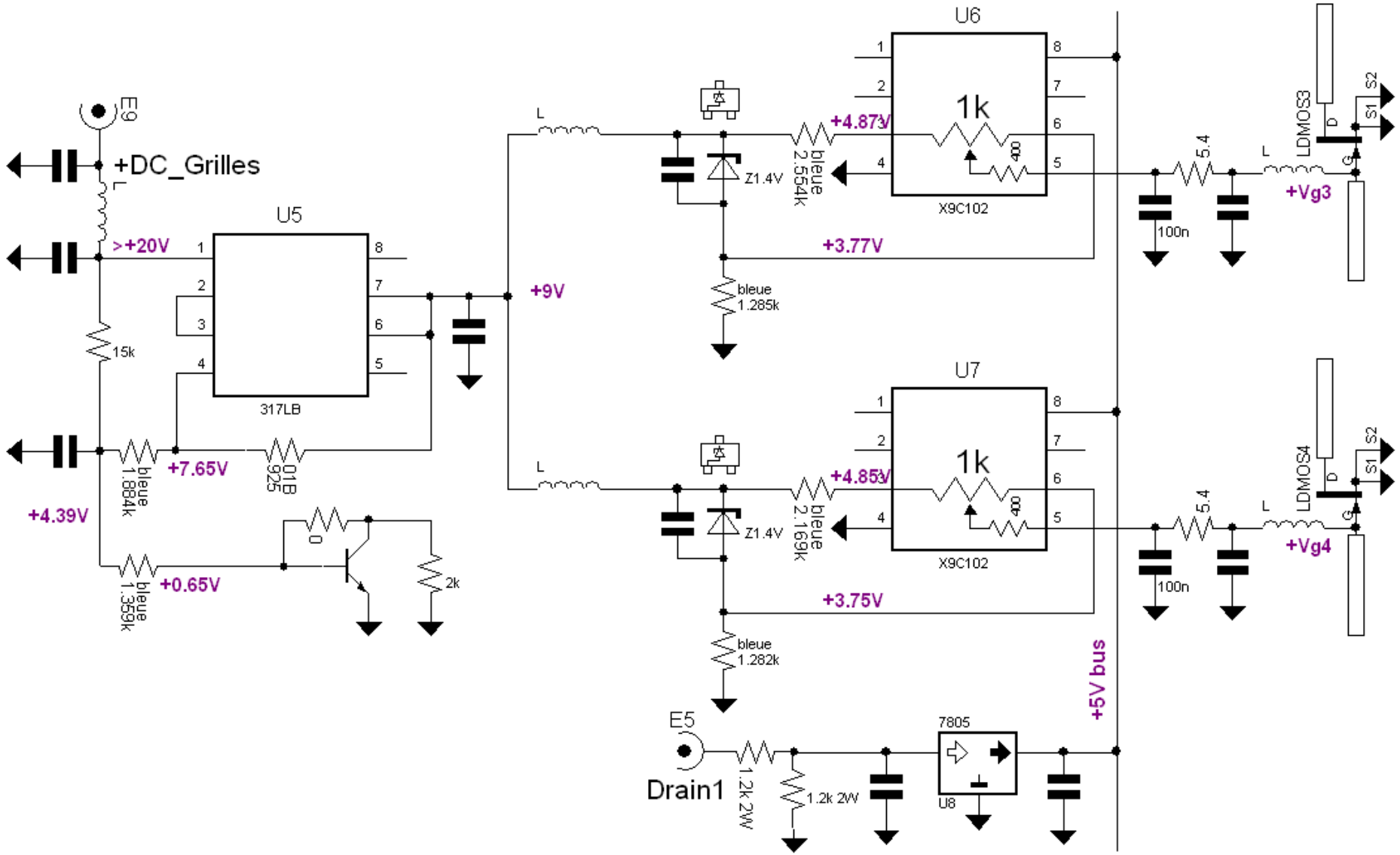


Alime grille LDMOS1 ou 2

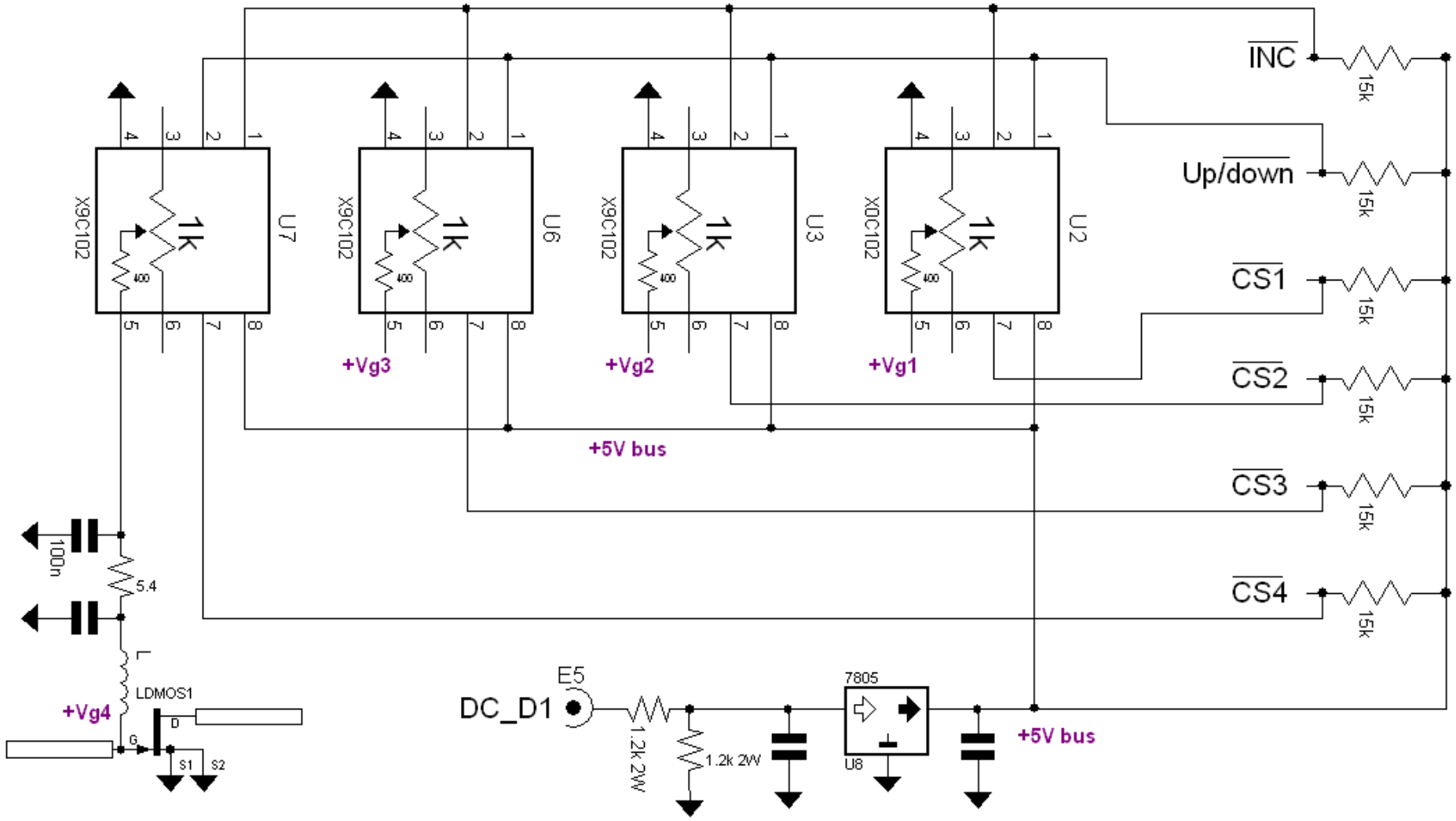
Tensions mesurées fonction de la tension d'alimentation

DC_grille (V)	Pt A (V)	Pt B (V)	Pt C (V)	Pt D (V)	Pt E (V)
12	8.12	3.146	4.28	6.88	3.678
15	8.45	3.465	4.59	7.21	3.957
18	8.74	3.757	4.87	7.5	4.23
20	8.96	3.94	5.06	7.68	4.45
24	9.35	4.33	5.45	8.08	4.83

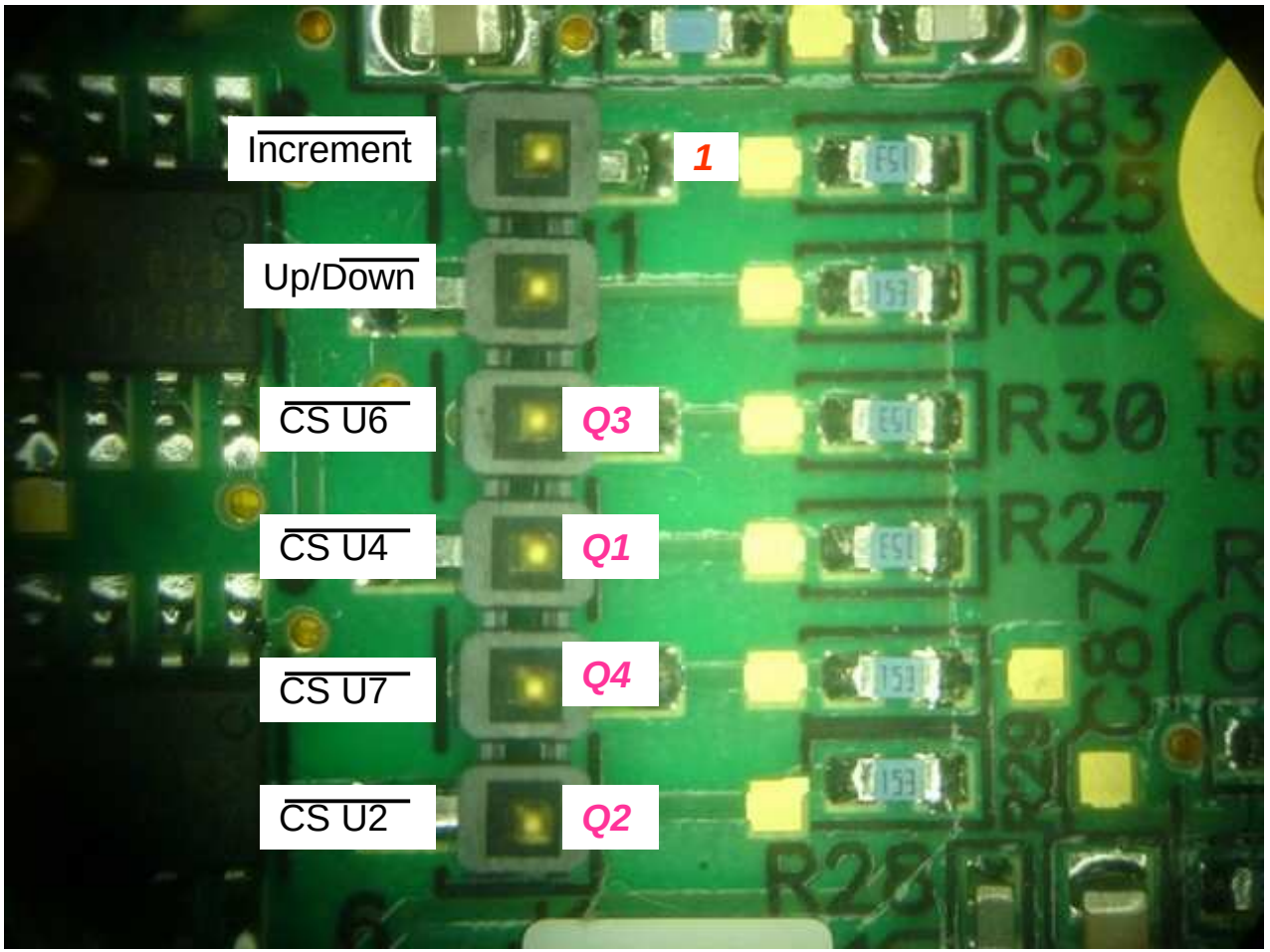
Alime grilles étage final LDMOS3 et 4 d'usine



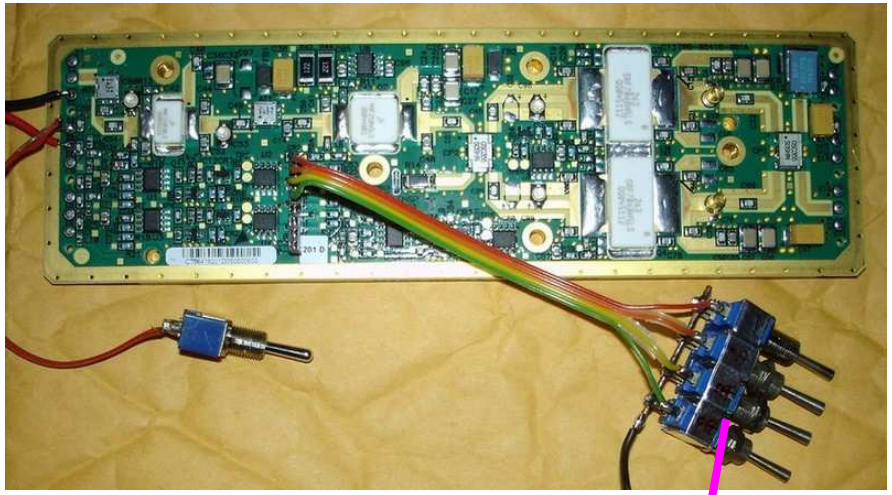
Matrice de programmation

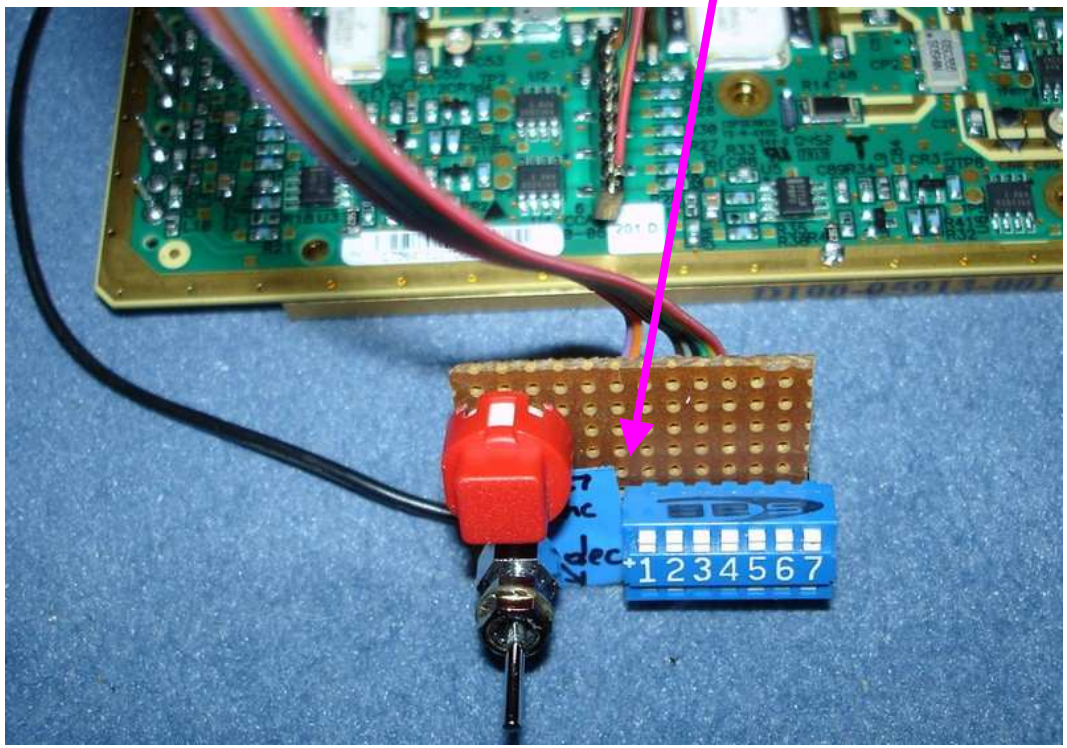


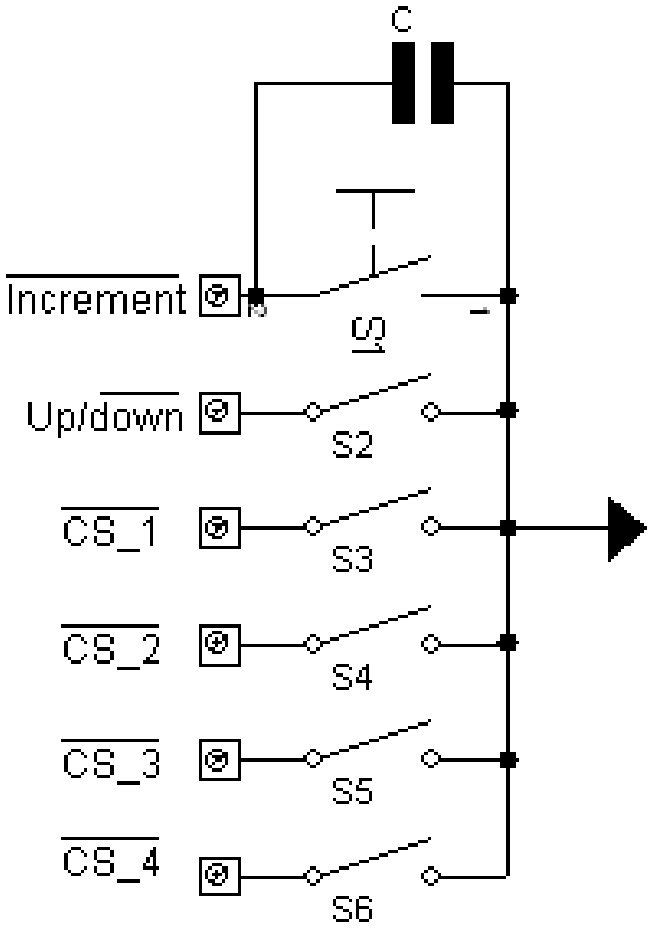
Matrice de programmation



Matrice de programmation

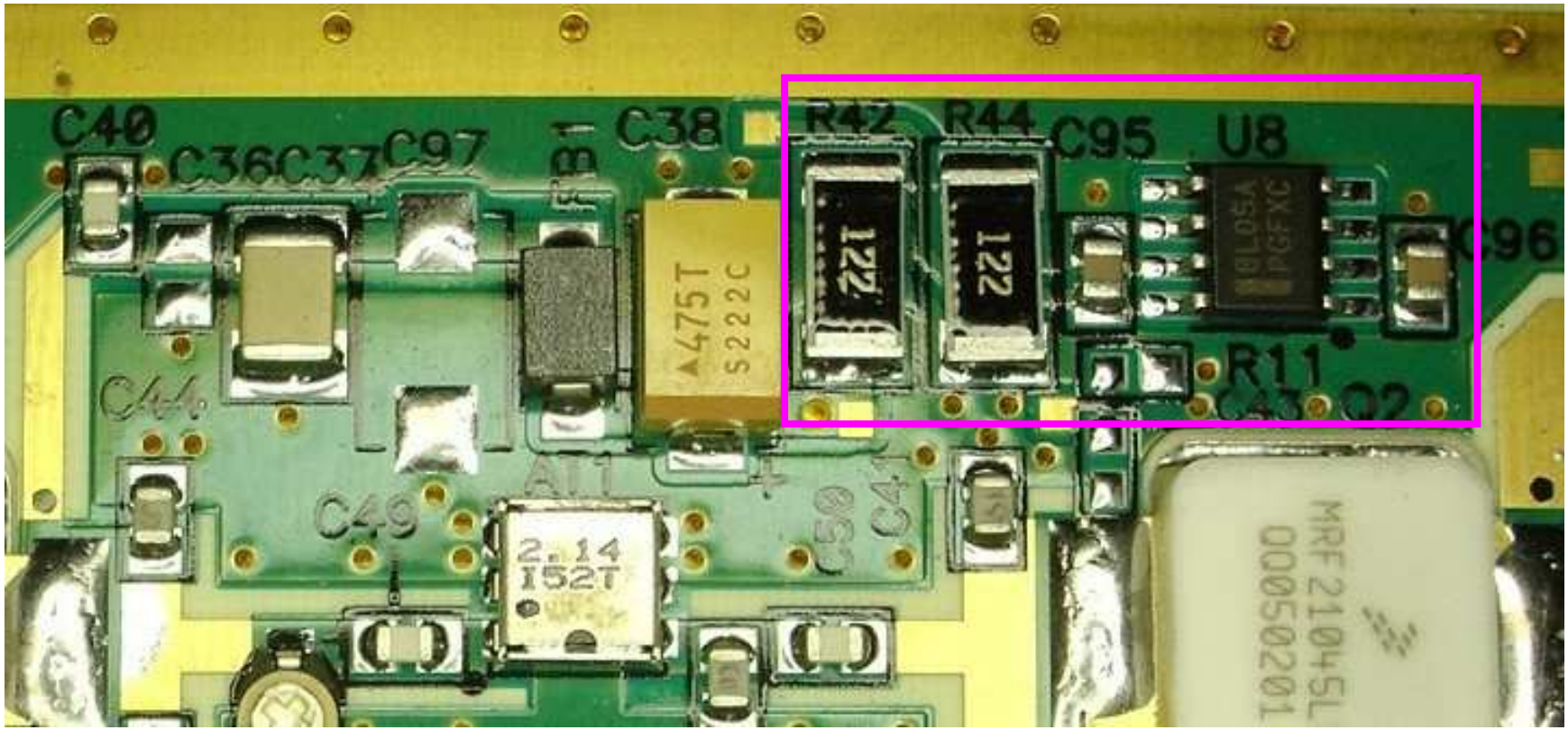




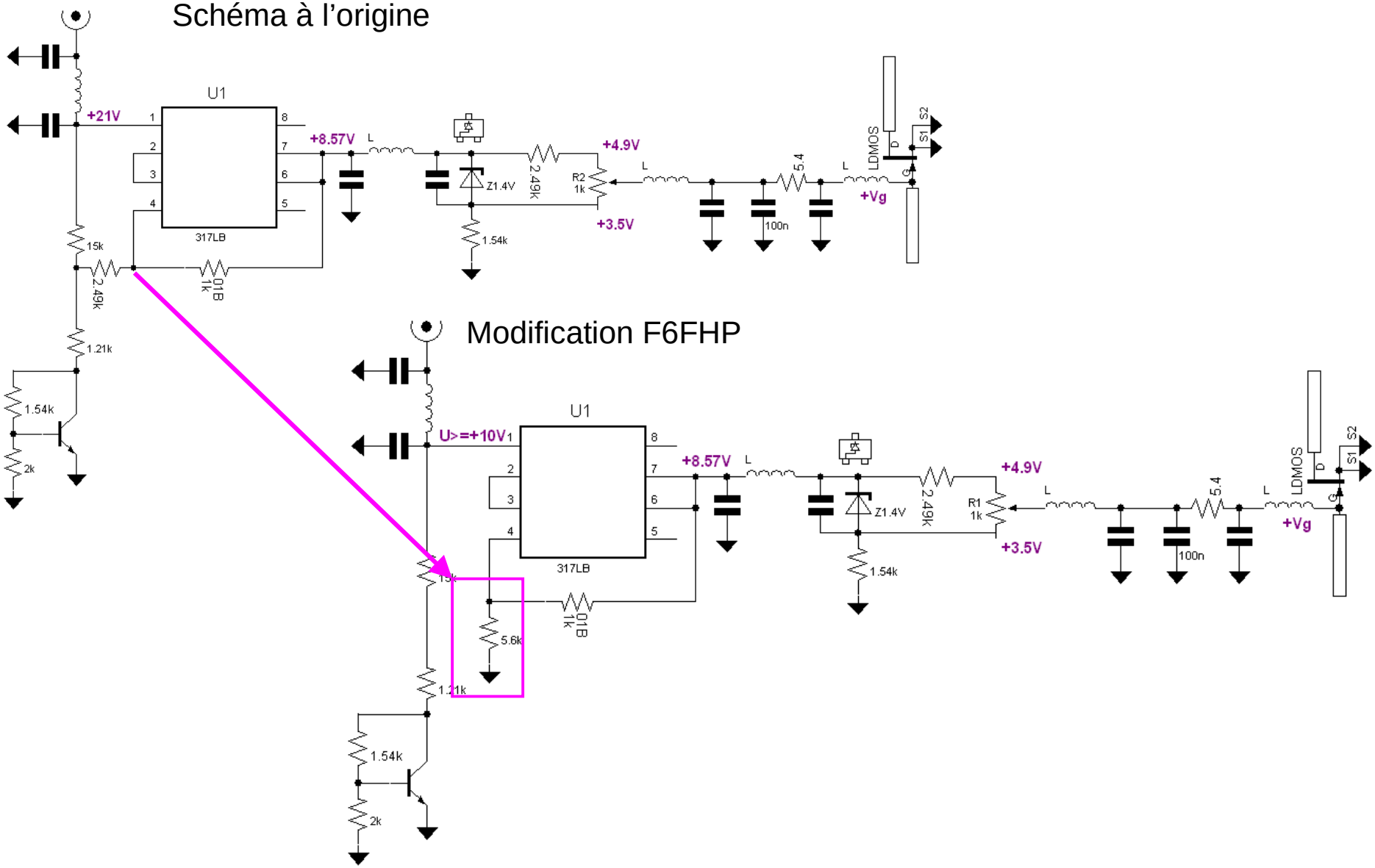


Alime +5V des X9C102

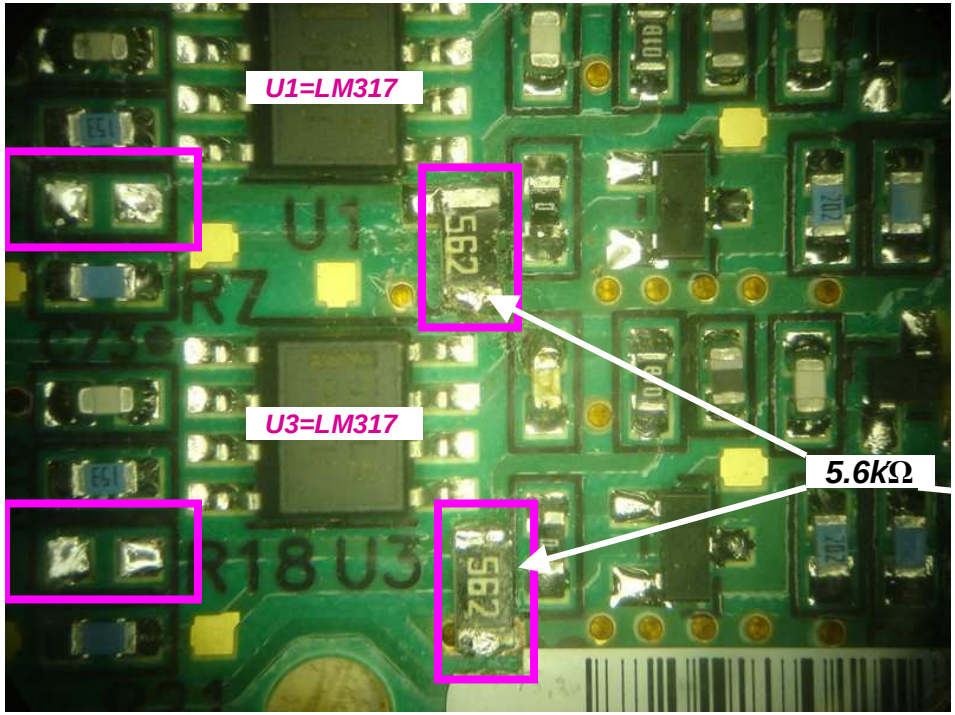
Doit rester « on » (pin E=5 drain du LDMOS1) pour permettre le fonctionnement de tous les potentiomètres X9C102, afin de contrôler toutes les grilles

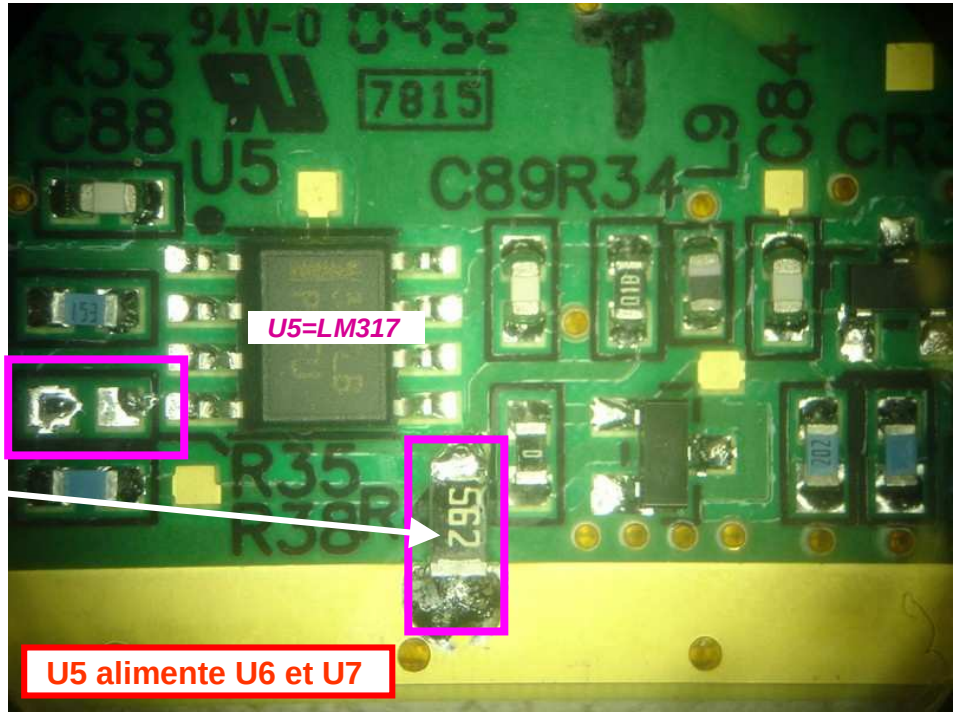


Modification de toutes les alimes grille



Aspect autour des 3 LM317 après modifications





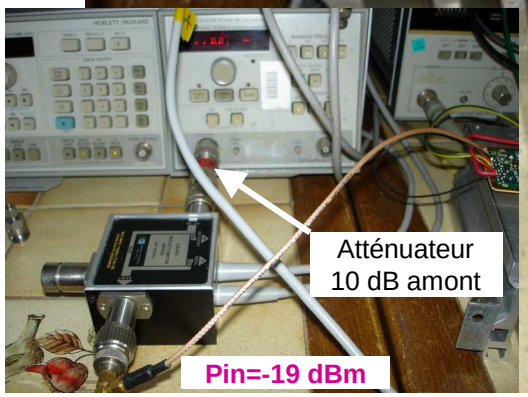
Courants de repos usine / définitifs obtenus

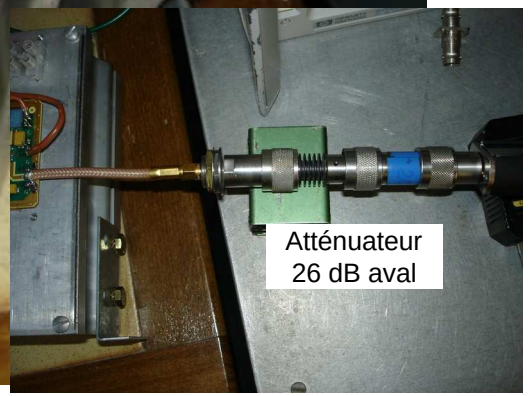
LDMOS	Fonction	X9C102	Chip select	U_init	Pins grille E4, E6, E9 (V)	Ud_usine (V)	Id_r init (A)	U finale (V)	Id_r finale (A)
Q1	Driver 1	U2	CS1	MRF21010	24	24	1.3	24	0.25
Q2	Driver 2	U4	CS2	MRF21045	24	24	4.78	24	0.5
Q3	Push 1	U7	CS3	MRF21085	24	24	7.3	24	1
Q4	Push 2	U6	CS4	MRF21085	24	24	7.3	24	1

4- Mesures scalaire et P1dBc avec règlages RF usine

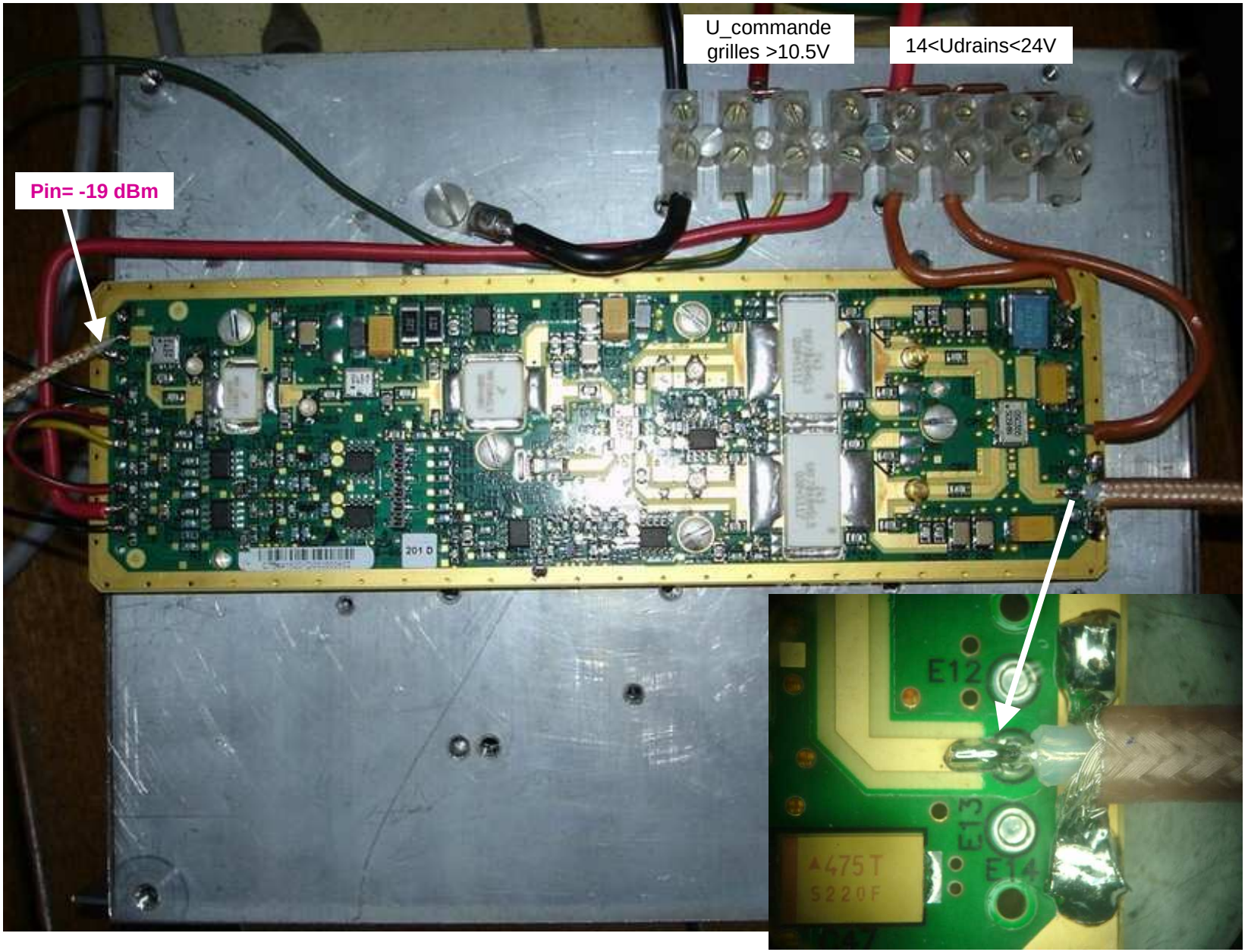
Mesures au scalaire

Substrat plus rigide que dans les versions précédentes

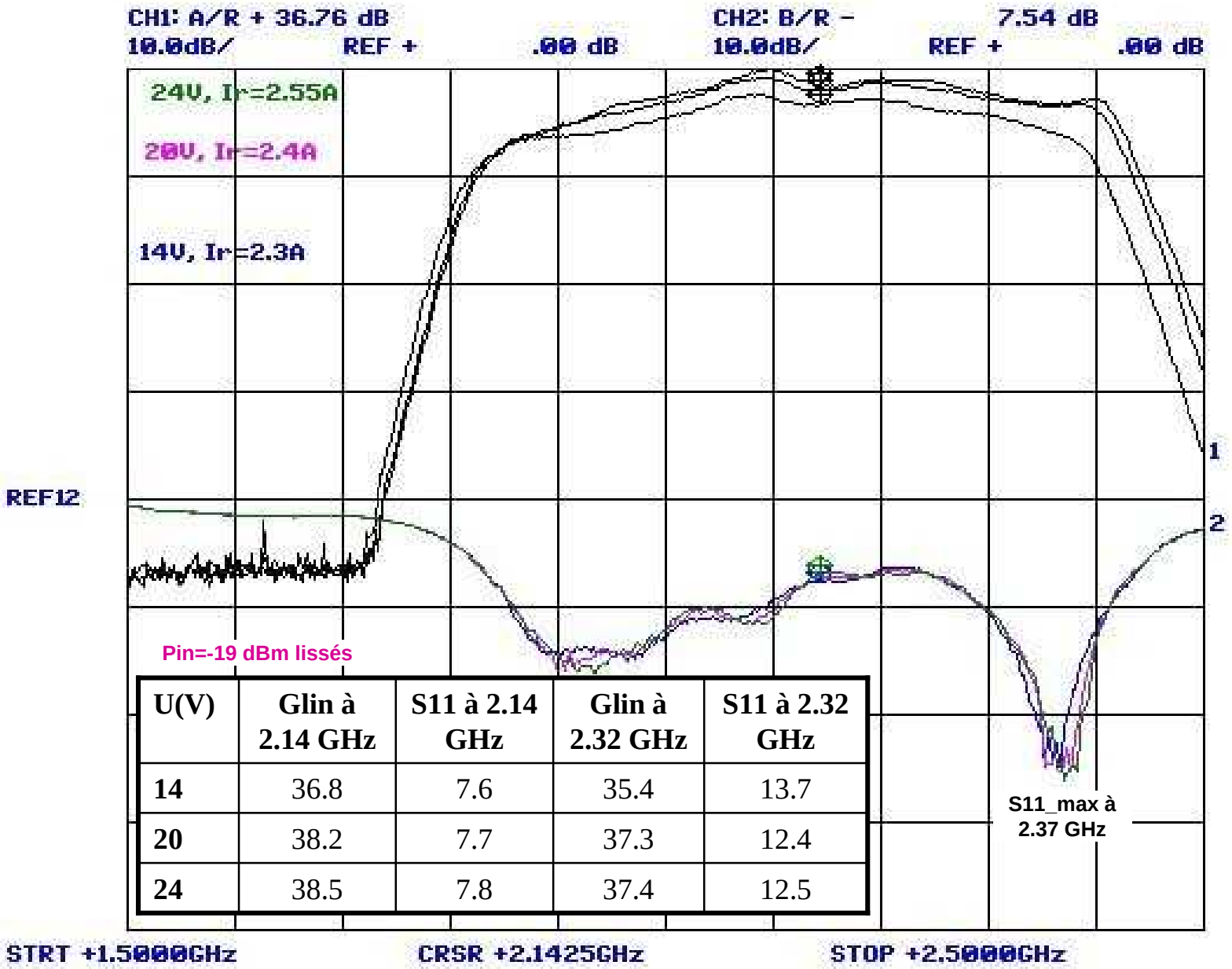




Mesures au scalaire



Mesures au scalaire, règlages usine

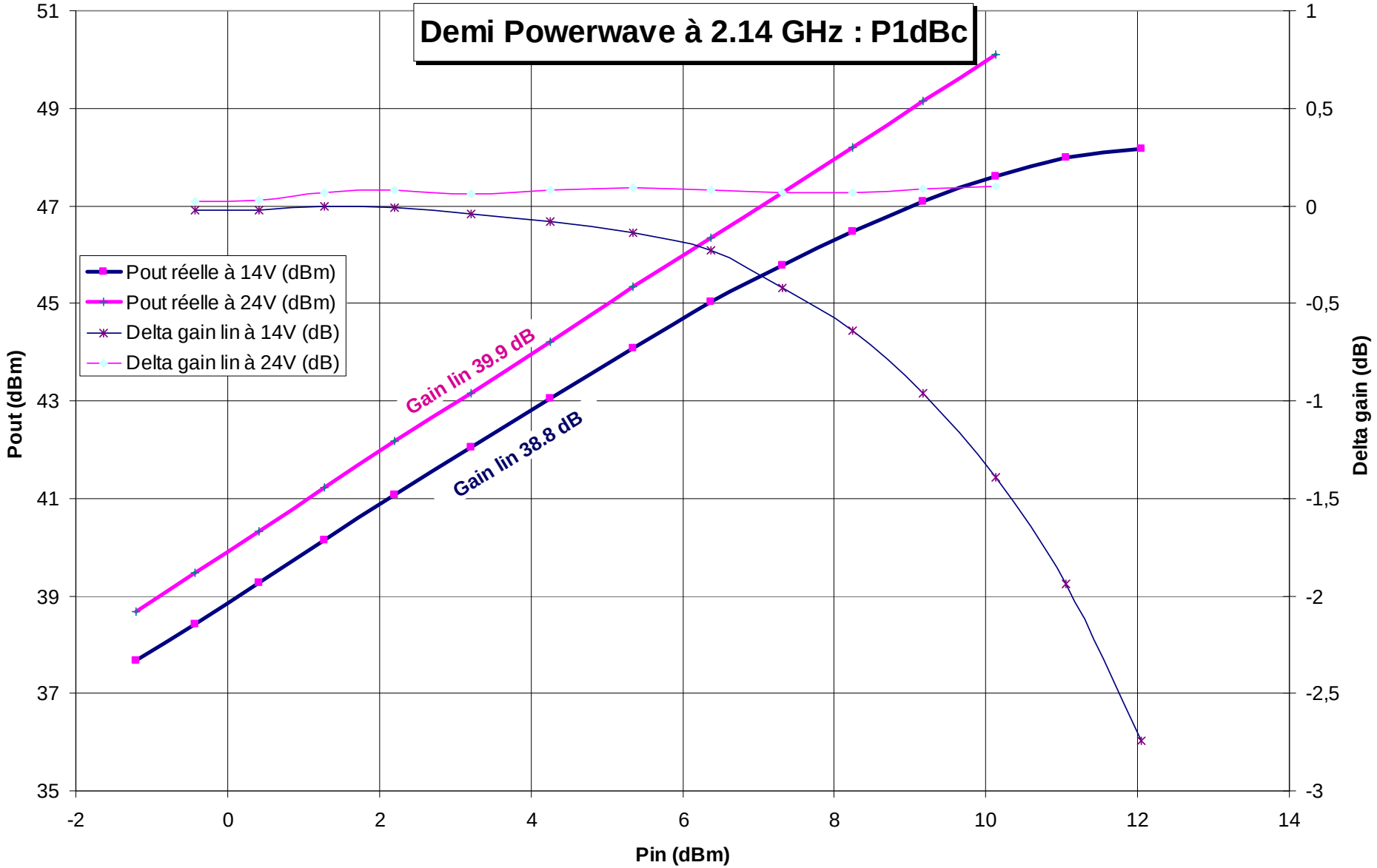


U(V)	Glin à 2.14 GHz	S11 à 2.14 GHz	Glin à 2.32 GHz	S11 à 2.32 GHz
14	36.8	7.6	35.4	13.7
20	38.2	7.7	37.3	12.4
24	38.5	7.8	37.4	12.5

Mesures à la compression à 2.14 GHz

2,14 GHz											
Pin (dBm) dir sweep	Pout lue à 14V (dBm)	Pout réelle à 14V (dBm)	Gain lin à 14V (dB)	Pout réelle à 14V (W)	Delta gain lin à 14V (dB)	Itot à 14V (A)	Pout réelle à 24V (dBm)	Gain lin à 24V (dB)	Pout réelle à 24V (W)	Delta gain lin à 24V (dB)	Itot à 24V (A)
						2,3					**2,6**
-1,2	2,85	37,67	38,87	5,8		3,3	38,68	39,88	7,4		3,7
-0,42	3,61	38,43	38,85	7,0	0,0	3,4	39,48	39,9	8,9	0,0	3,88
0,42	4,45	39,27	38,85	8,5	0,0	3,5	40,33	39,91	10,8	0,0	4,13
1,27	5,32	40,14	38,87	10,3	0,0	3,9	41,22	39,95	13,2	0,1	4,4
2,21	6,25	41,07	38,86	12,8	0,0	4,2	42,17	39,96	16,5	0,1	4,74
3,21	7,22	42,04	38,83	16,0	0,0	4,6	43,15	39,94	20,7	0,1	5,19
4,26	8,23	43,05	38,79	20,2	-0,1	5,1	44,22	39,96	26,4	0,1	5,72
5,35	9,26	44,08	38,73	25,6	-0,1	5,6	45,34	39,99	34,2	0,1	6,35
6,38	10,2	45,02	38,64	31,8	-0,2	6,3	46,34	39,96	43,1	0,1	7,04
7,32	10,95	45,77	38,45	37,8	-0,4	6,9	47,27	39,95	53,3	0,1	7,78
8,24	11,65	46,47	38,23	44,4	-0,6	7,5	48,19	39,95	65,9	0,1	8,58
9,17	12,26	47,08	37,91	51,1	-1,0	8,2	49,14	39,97	82,0	0,1	9,49
10,12	12,78	47,6	37,48	57,5	-1,4	8,8	50,1	39,98	102,3	0,1	10,56
11,06	13,17	47,99	36,93	63,0	-1,9	9,4					
12,04	13,35	48,17	36,13	65,6	-2,7	10					

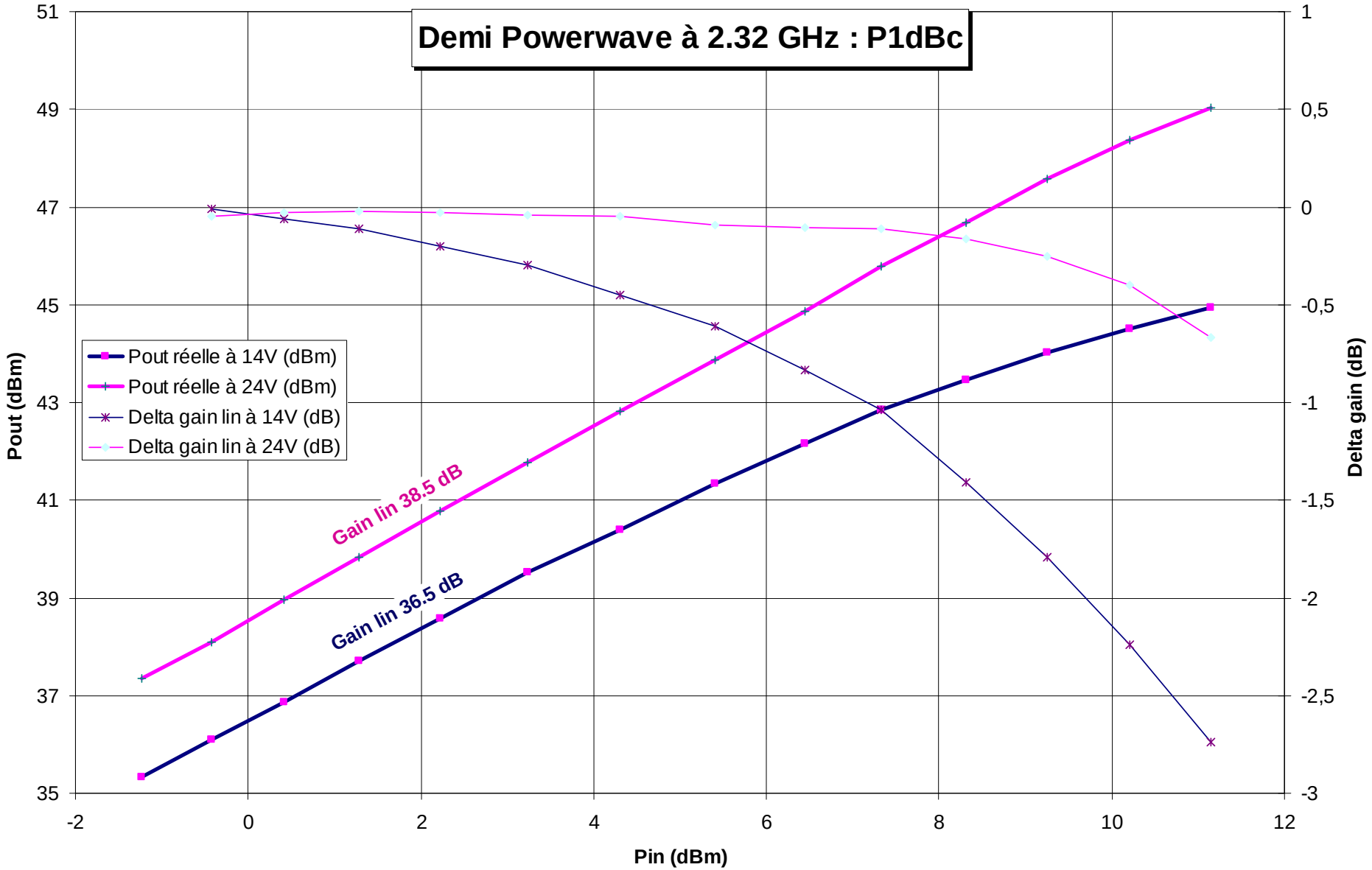
à 2.14GHz	**Gain lin (dB)**	**Ic/Itot (A)**	**P1dBc**	**P2dBc**	**P3dBc**
14V	38.9	2.3 / 10	47.1dBm / 51W	48 dBm / 63W	48.2dBm / 66W
24V	39.9	2.6 / 10.6	>50.1dBm / 102W	non mesuré	non mesuré


Demi Powerwave à 2.14 GHz : P1dBc
Pout réelle à 14V (dBm)
Pout réelle à 24V (dBm)
Delta gain lin à 14V (dB)
Delta gain lin à 24V (dB)
Gain lin 39.9 dB
Gain lin 38.8 dB
Pout (dBm)
Delta gain (dB)
Pin (dBm)
51
49
47
45
43
41
39
37
35
1
0,5
0
-0,5
-1
-1,5
-2
-2,5
-3
-2
0
2
4
6
8
10
12
14

Mesures à la compression à 2.32 GHz

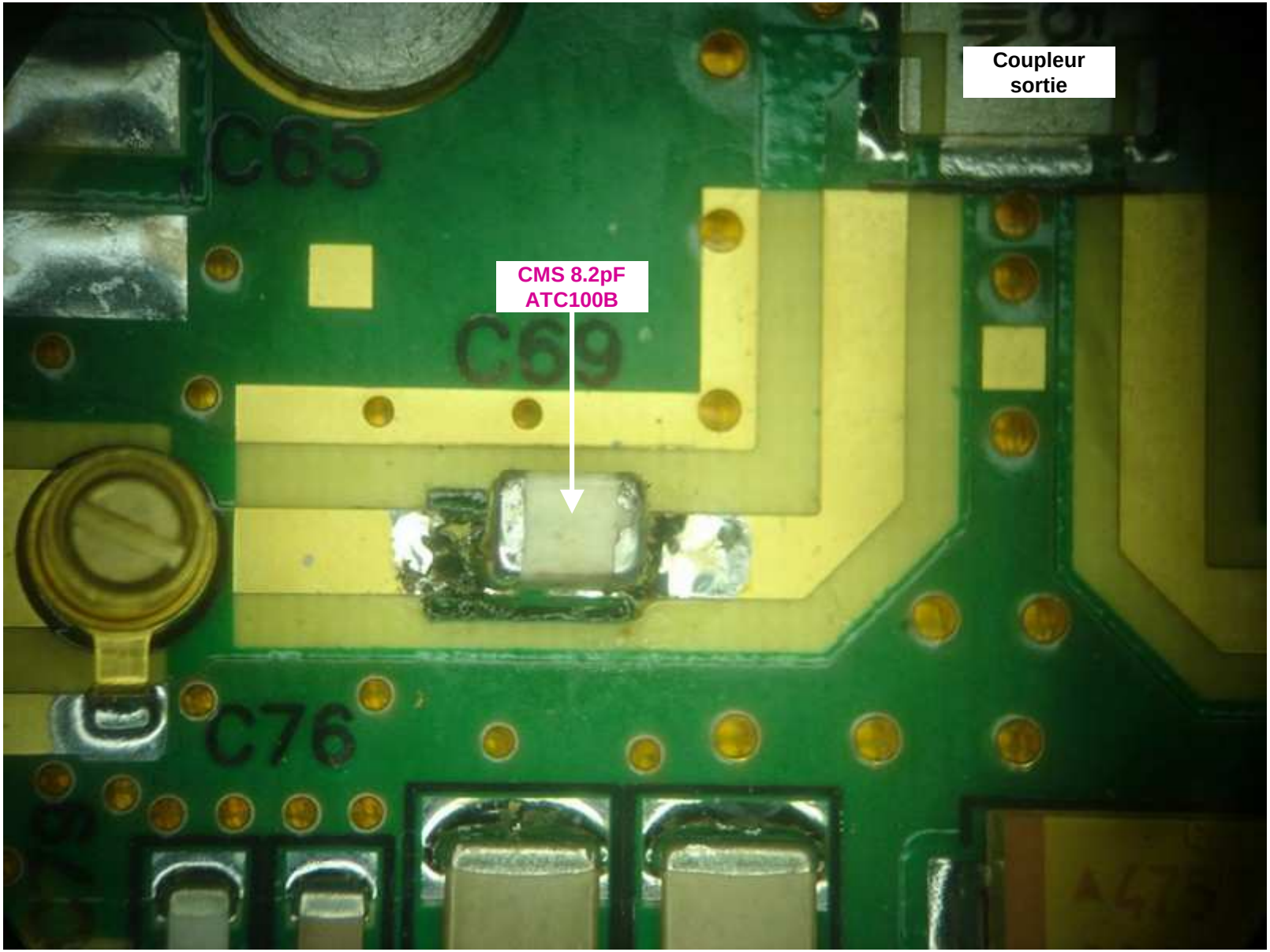
2,32 GHz												
Pin (dBm) dir sweep		**Pout réelle à 14V (dBm)**	**Gain lin à 14V (dB)**	**Pout réelle à 14V (W)**	**Delta gain lin à 14V (dB)**	**Itot à 14V (A)**	**Pout réelle à 24V (dBm)**	**Gain lin à 24V (dB)**	**Pout réelle à 24V (W)**	**Delta gain lin à 24V (dB)**	**Itot à 24V (A)**
						2,3					**2,5**
-1,23	-1,55	35,32	36,55	3,4		2,6	37,34	38,57	5,4		3,2
-0,43	-0,76	36,11	36,54	4,1	0,0	2,7	38,09	38,52	6,4	0,0	3,32
0,41	0	36,87	36,46	4,9	-0,1	2,8	38,95	38,54	7,9	0,0	3,48
1,28	0,85	37,72	36,44	5,9	-0,1	3	39,83	38,55	9,6	0,0	3,67
2,23	1,71	38,58	36,35	7,2	-0,2	3,1	40,77	38,54	11,9	0,0	3,9
3,24	3,61	39,53	37,24	11,2	-0,3	3,3	41,77	38,53	15,0	0,0	4,19
4,3	3,53	40,4	36,1	11,0	-0,4	3,6	42,82	38,52	19,1	0,0	4,55
5,4	4,47	41,34	35,94	13,6	-0,6	3,9	43,88	38,48	24,4	-0,1	5
6,44	5,25	42,16	35,68	16,3	-0,8	4,3	44,87	38,43	30,7	-0,1	5,46
7,33	5,97	42,84	35,51	19,2	-1,0	4,6	45,79	38,46	37,9	-0,1	5,97
8,31	6,58	43,45	35,14	22,1	-1,4	5	46,69	38,38	46,7	-0,2	6,5
9,25	7,14	44,01	34,76	25,2	-1,8	5,4	47,57	38,32	57,1	-0,3	7,12
10,2	7,64	44,51	34,31	28,2	-2,2	5,9	48,37	38,17	68,7	-0,4	7,78
11,14	8,08	44,95	33,81	31,3	-2,7	6,3	49,04	37,9	80,2	-0,7	8,43
12,13	8,45	45,32	33,19	34,0	-3,4	6,8					
13,15	8,77	45,64	32,49	36,6	-4,1	7,2					
14,17	9,01	45,88	31,71	38,7	-4,8	7,6					
15,2	9,2	46,07	30,87	40,5	-5,7	8					

à 2.14GHz	**Gain lin (dB)**	**Ic/Itot (A)**	**P1dBc**	**P2dBc**	**P2dBc**
14V	36.5	2.3 / 8	42.8dBm / 19W	44.3dBm / 27W	45.1dBm / 32W
24V	38.5	2.6 / 8.5	>49dBm / 80W	?	?

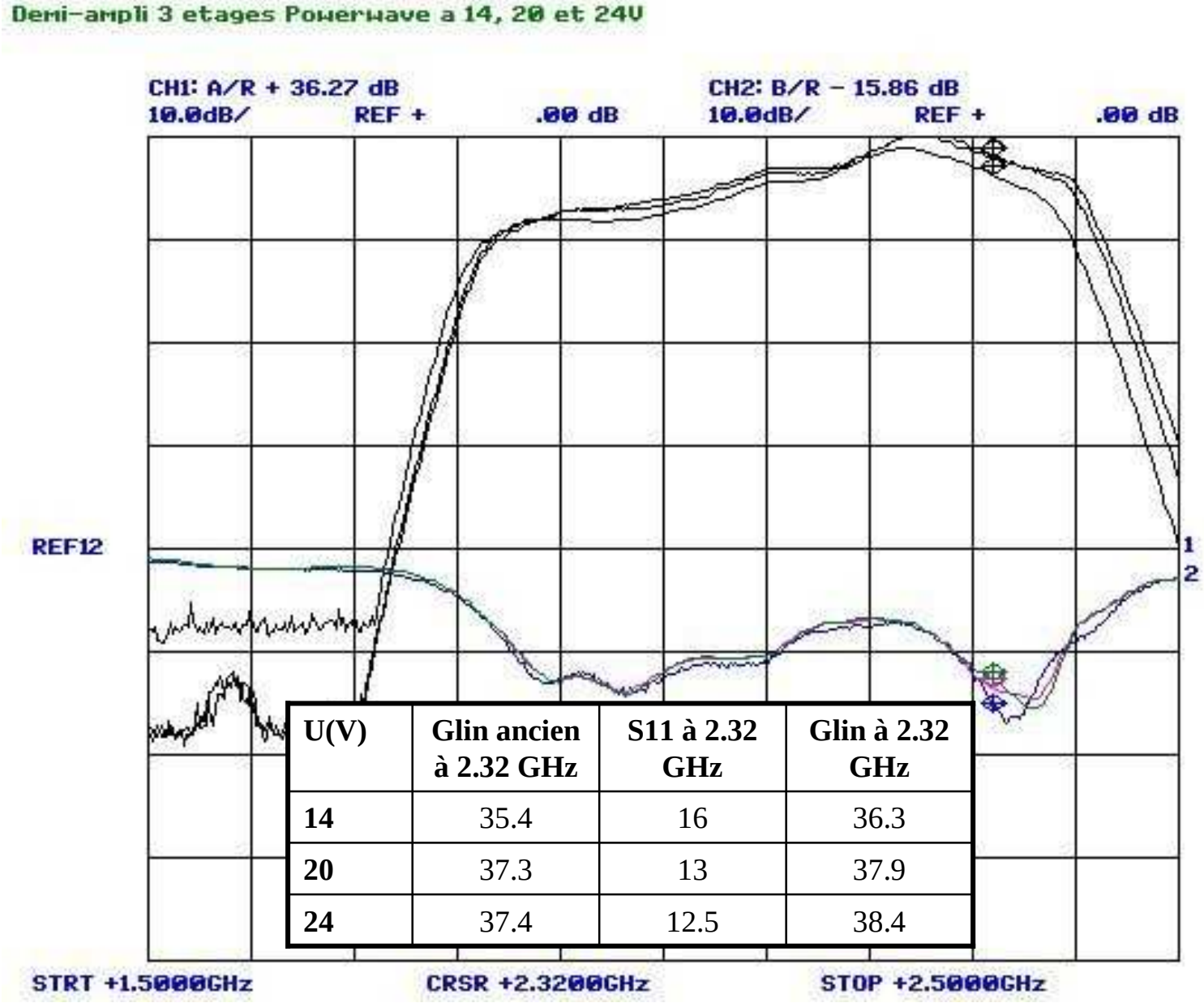

Demi Powerwave à 2.32 GHz : P1dBc
Pout réelle à 14V (dBm)
Pout réelle à 24V (dBm)
Delta gain lin à 14V (dB)
Delta gain lin à 24V (dB)
Gain lin 38.5 dB
Gain lin 36.5 dB
Pout (dBm)
Delta gain (dB)
Pin (dBm)
51
49
47
45
43
41
39
37
35
1
0,5
0
-0,5
-1
-1,5
-2
-2,5
-3
-2
0
2
4
6
8
10
12

5- Mesures scalaire et P1dBc après nouveaux règlages RF

Substitution initiale des 2 capas CMS de sortie



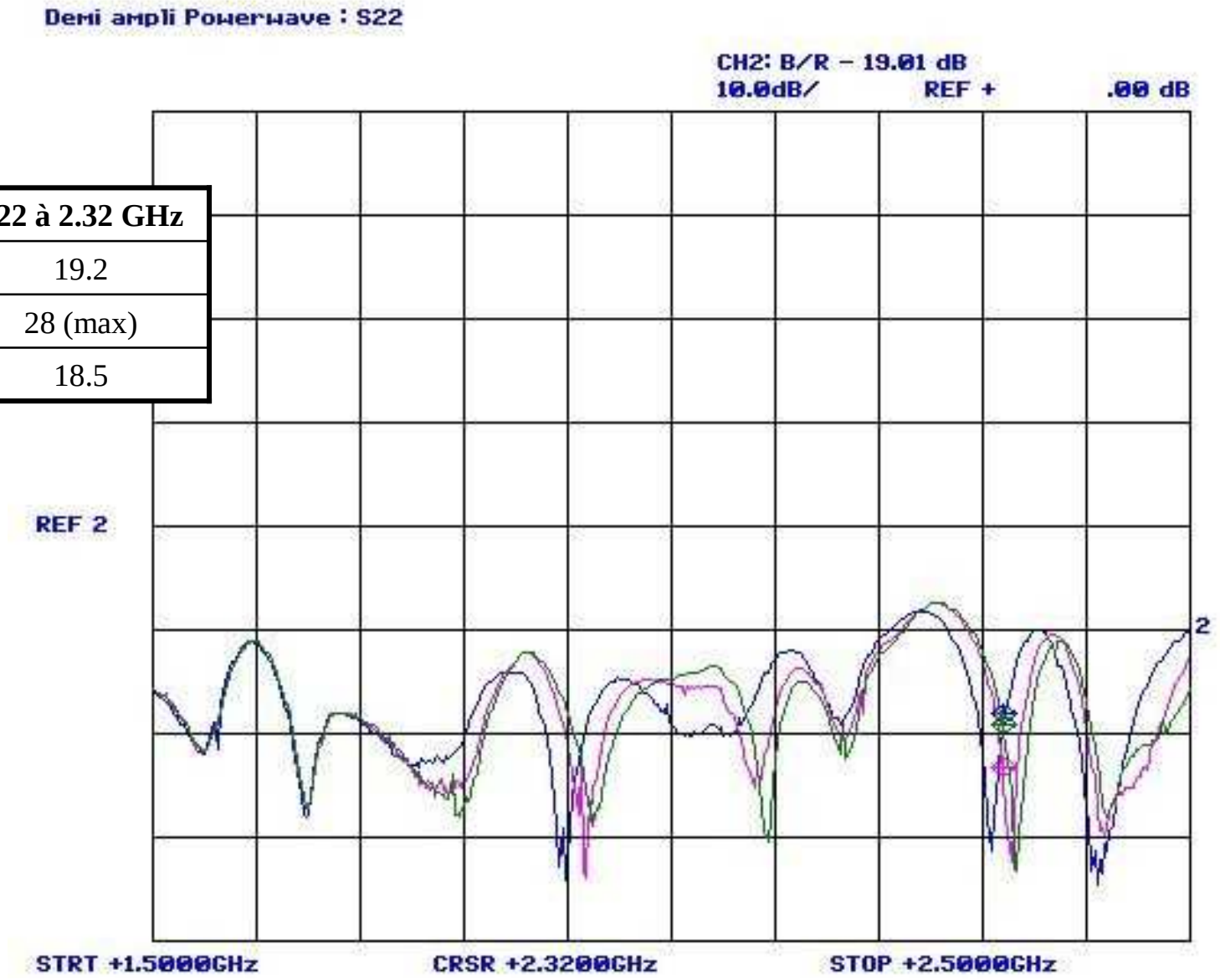
Nouveau règlage et mesures au scalaire S21 + S11



U(V)	Glin ancien à 2.32 GHz	S11 à 2.32 GHz	Glin à 2.32 GHz
14	35.4	16	36.3
20	37.3	13	37.9
24	37.4	12.5	38.4

Nouveau règlage et mesures au scalaire : S22

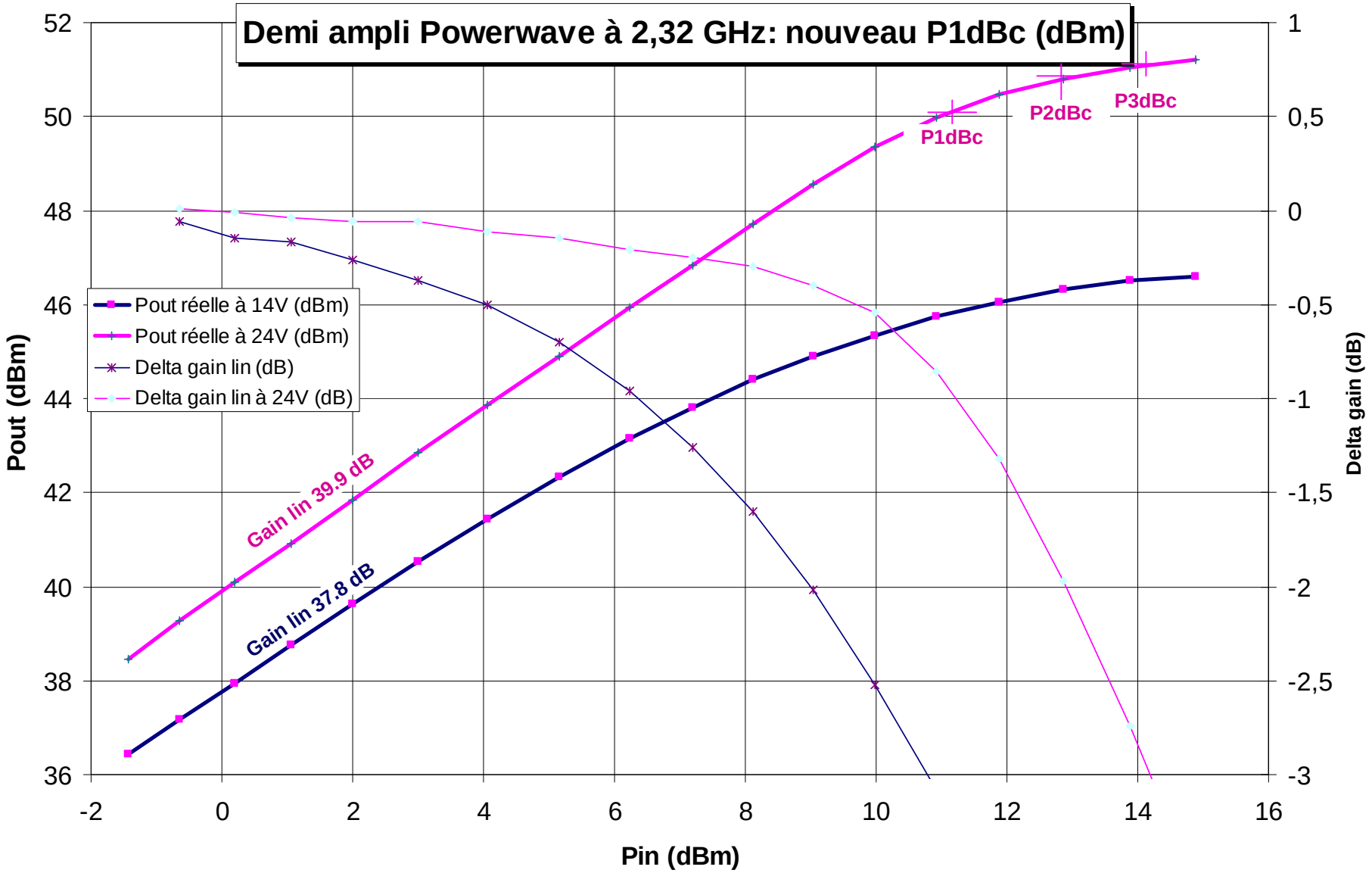
U(V)	S22 à 2.32 GHz
14	19.2
20	28 (max)
24	18.5

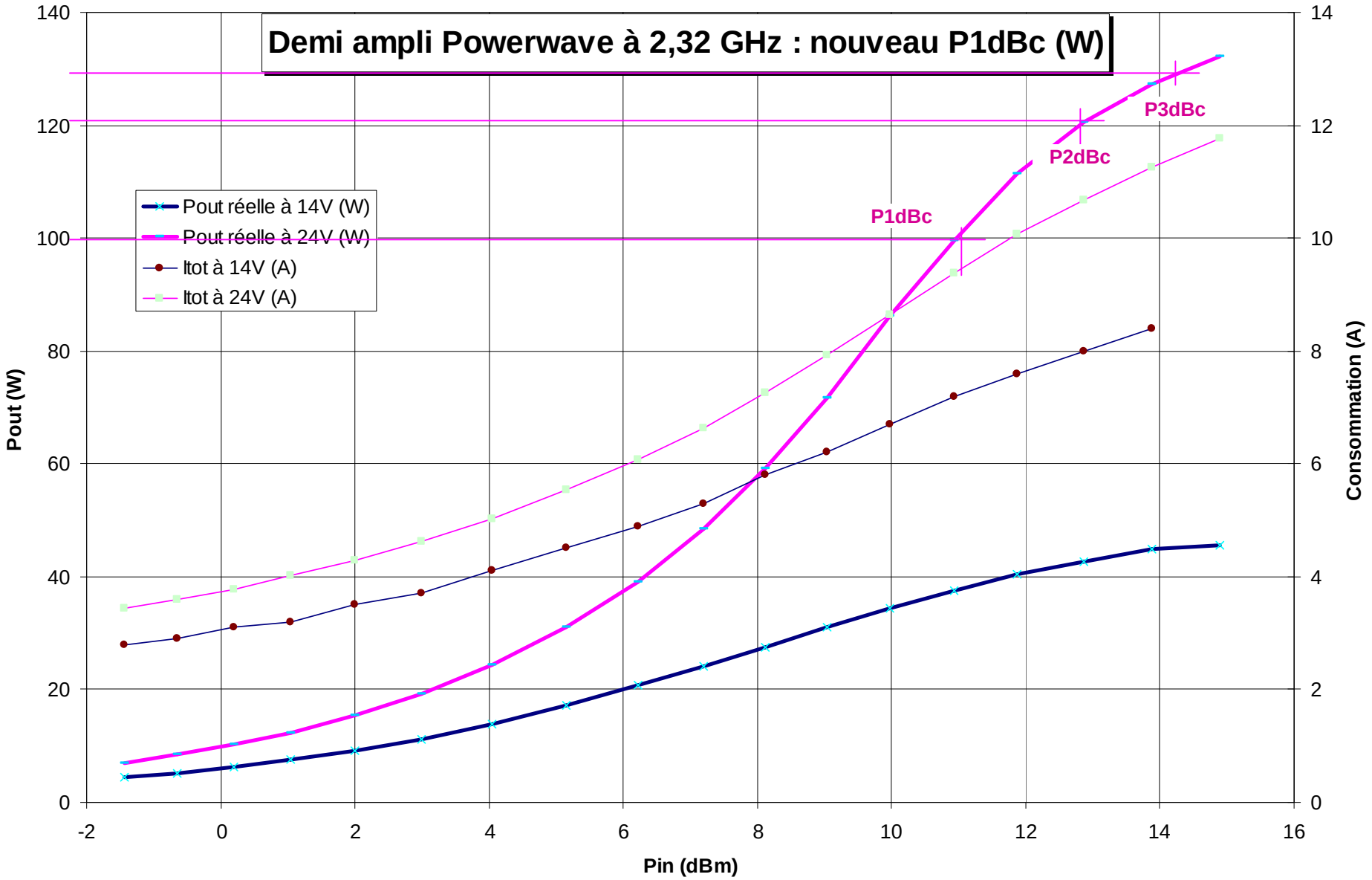


Nouvelles mesures à la compression à 2.32 GHz

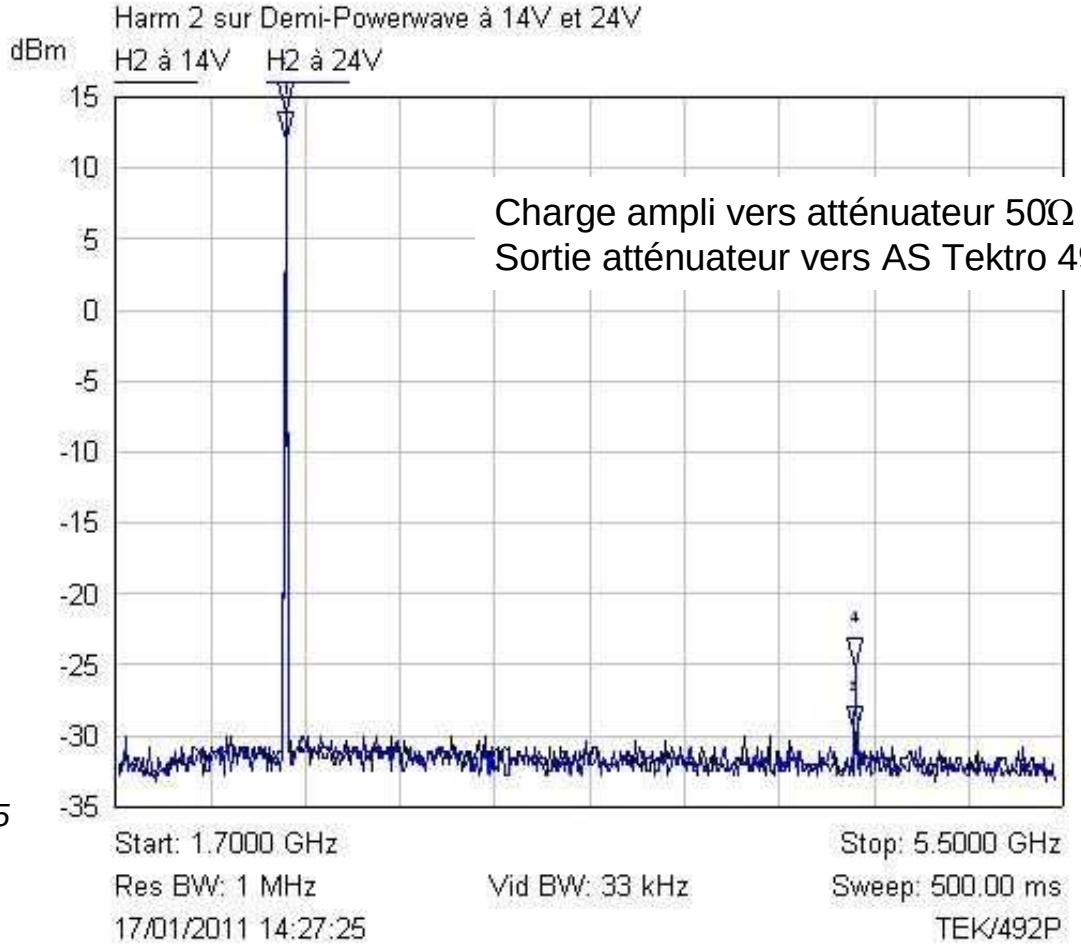
	2,32 GHz	nouveau règlage RF										
Pin sweep (dBm)	**Pin (dBm) dir sweep**	**Pout lue à 14V (dBm)**	**Pout réelle à 14V (dBm)**	**Gain lin à 14V (dB)**	**Pout réelle à 14V (W)**	**Delta gain lin (dB)**	**Itot à 14V (A)**	**Pout réelle à 24V (dBm)**	**Gain lin à 24V (dB)**	**Pout réelle à 24V (W)**	**Delta gain lin à 24V (dB)**	**Itot à 24V (A)**
							2,2					**2,57**
-2	**-1,44**	-0,42	36,45	37,89	4,4		2,8	38,47	39,91	7,0		3,44
-1	**-0,65**	0,31	37,18	37,83	5,2	-0,1	2,9	39,27	39,92	8,5	0,0	3,6
0	**0,19**	1,06	37,93	37,74	6,2	-0,1	3,1	40,09	39,9	10,2	0,0	3,78
1	**1,05**	1,9	38,77	37,72	7,5	-0,2	3,2	40,92	39,87	12,4	0,0	4,01
2	**2**	2,76	39,63	37,63	9,2	-0,3	3,5	41,85	39,85	15,3	-0,1	4,28
3	**3**	3,65	40,52	37,52	11,3	-0,4	3,7	42,85	39,85	19,3	-0,1	4,62
4	**4,05**	4,57	41,44	37,39	13,9	-0,5	4,1	43,85	39,8	24,3	-0,1	5,03
5	**5,15**	5,47	42,34	37,19	17,1	-0,7	4,5	44,91	39,76	31,0	-0,1	5,53
6	**6,23**	6,29	43,16	36,93	20,7	-1,0	4,9	45,93	39,7	39,2	-0,2	6,07
7	**7,19**	6,95	43,82	36,63	24,1	-1,3	5,3	46,85	39,66	48,4	-0,3	6,64
8	**8,11**	7,53	44,4	36,29	27,5	-1,6	5,8	47,72	39,61	59,2	-0,3	7,26
9	**9,04**	8,04	44,91	35,87	31,0	-2,0	6,2	48,55	39,51	71,6	-0,4	7,92
10	**9,98**	8,48	45,35	35,37	34,3	-2,5	6,7	49,35	39,37	86,1	-0,5	8,64
11	**10,93**	8,87	45,74	34,81	37,5	-3,1	7,2	49,98	39,05	99,5	-0,9	9,37
12	**11,88**	9,19	46,06	34,18	40,4	-3,7	7,6	50,47	38,59	111,4	-1,3	10,06
13	**12,87**	9,44	46,31	33,44	42,8	-4,5	8	50,81	37,94	120,5	-2,0	10,68
14	**13,88**	9,65	46,52	32,64	44,9	-5,3	8,4	51,05	37,17	127,4	-2,7	11,25
15	**14,89**	9,72	46,59	31,7	45,6	-6,2		51,21	36,32	132,1	-3,6	11,77

2.32 GHz	**Ic/Itot (A)**	**P1dBc**	**P2dBc**	**P3dBc**
14V	2.2 / 8.4	43.2 dBm / 20.7W	44.9 dBm / 31W	45.7 dBm / 37.5W
24V	2.6 / 11.8	50 dBm / 100W	50.81 dBm / 120W	51.05 dBm / 127W


Demi ampli Powerwave à 2,32 GHz: nouveau P1dBc (dBm)
Pout réelle à 14V (dBm)
Pout réelle à 24V (dBm)
Delta gain lin (dB)
Delta gain lin à 24V (dB)
P1dBc
P2dBc
P3dBc
Gain lin 39.9 dB
Gain lin 37.8 dB
Pout (dBm)
Delta gain (dB)
Pin (dBm)
52
50
48
46
44
42
40
38
36
1
0,5
0
-0,5
-1
-1,5
-2
-2,5
-3
-2
0
2
4
6
8
10
12
14
16


Demi ampli Powerwave à 2,32 GHz : nouveau P1dBc (W)
Pout réelle à 14V (W)
Pout réelle à 24V (W)
Itot à 14V (A)
Itot à 24V (A)
P1dBc
P2dBc
P3dBc
Pout (W)
Consommation (A)
Pin (dBm)
0
20
40
60
80
100
120
140
0
2
4
6
8
10
12
14
-2
0
2
4
6
8
10
12
14
16

1ères mesures de H2 à 4.64 GHz à 14 et 24V et Pout/3 (Pin=+5 dBm)



Charge ampli vers atténuateur 50Ω / 30 dB Pmax=100W
Sortie atténuateur vers AS Tektro 492P

Atténuateur Alcatel 16-4255
S11>=20dB à F<3.2 GHz

Mkr	Trace	X-Axis	Value	Notes
1	H2 à 14V	2.3798 GHz	12.00 dBm	
2	H2 à 14V	4.6646 GHz	-30.00 dBm	**42dBc**
3	H2 à 24V	2.3798 GHz	14.00 dBm	
4	H2 à 24V	4.6646 GHz	-25.20 dBm	**39dBc**

Tektro 492P :
fréquence indicative !

6- Conclusion

Conclusion

1 : opérations successives à réaliser :

- Modifier les LM317 selon l'astuce de F6FHP. Leurs sorties doivent toutes indiquer (8.57+-0.1)V pour une tension d'entrée comprise entre 10.5 et 28V
- A l'aide de la matrice de programmation, régler le courant drain indépendamment sur chaque LDMOS.
  Sur le LDMOS1 commencer vers 12 à 14V à l'aide d'une alime stabilisée à limitation d'intensité, puis peaufiner à 24V
- Garder l'alimentation drain sur le LDMOS1 toujours présente et agir de même séparément sur chacun des autres LDMOS. Toutes ces précédentes manipes sont effectuées sur le module seul
- Monter le module sur un généreux radiateur ventilé et relier ensemble toutes les commandes grille : elles servent alors de PTT positif dès 10,5V ainsi l'ampli peut alors toujours rester sous tension.
- Vérifier le courant de repos total drain
- Contrairement aux versions précédentes, n'effectuer aucune autre modification et laisser les isolateurs usine en place
- Injecter 0 dBm : agir sur les CV's amont et aval du 1er LDMOS devraient suffire à arriver aux specs indiquées
- Placer impérativement un atténuateur de minimum 15dB à son entrée, pour un transverter DB6NT sortant 1,5W

Conclusion

2: Remarques générales :

Par rapport aux générations plus anciennes déjà décrites, cette nouvelle famille Powerwave possède un gain linéaire de 37.8dB sous 14V et pratiquement 40dB sous 24V

- inconditionnellement stable en gardant ses 2 isolateurs successifs d'usine sur l'étage d'entrée, il fonctionne encore parfaitement à 2.32 GHz
- Pour le saturer complètement, la sortie d'un transverter DB6NT de 1.5W ou 31.7 dBm **nécessitera impérativement** l'insertion d'un **atténuateur de 15 dB ! !**
- Le tableau récapitule les puissances de sortie RF obtenues (excellent refroidissement à prévoir !)
- **Potentiomètres numériques :** par rapport à un hélipot conventionnel 10 tours, le règlage des courants drain est plus ardu, moins fin mais néanmoins possible sans aucune modification additionnelle.

3: Mesures finales :

2.32 GHz	Gain lin (dB)	Ic/Itot (A)	P1dBc	P2dBc	P3dBc
14V	37.8	2.2 / 8.4	43.2 dBm / 20.7W	44.9 dBm / 31W	45.7 dBm / 37.5W
24V	29.9	2.6 / 11.8	50 dBm / 100W	50.81 dBm / 120W	51.05 dBm / 127W

Dans le but d'analyser ses performances maximales en vue d'un couplage éventuel de 2 modules, on effectera également plus tard également les mesures de PxdBc à 26 puis 28V.

Remerciements

4: Aknowledgements :
L'auteur remercie très sincèrement l'aide précieuse apportée par Jacques F6AJW, Pierre-François F5BQP, Sylvain F6CIS, Jeff F1PDX, Joël F6FHP et Michel ON7EH, sans lesquels cette étude aurait été absolument impossible