

Plan

- Marque Powerwave
- Gros module à transistors LDMOS capable de sortir jusqu'à 200W HF sous 2.32 GHz avec les modifications indiquées.
- Contrairement à son « petit frère » de 35W out, le modèle entre les mains ne présente absolument aucune tendance à l'auto-oscillation vers 1.9 GHz
- Article déjà écrit par Sylvain F6CIS, mais avec des mesures plus complètes.
- Apparemment 2 sous-familles : LDMOS préaccordés série 19xxx ou 21xxx
- Pour l'instant, seul le modèle à LDMOS préaccordé 19xx a été mesuré

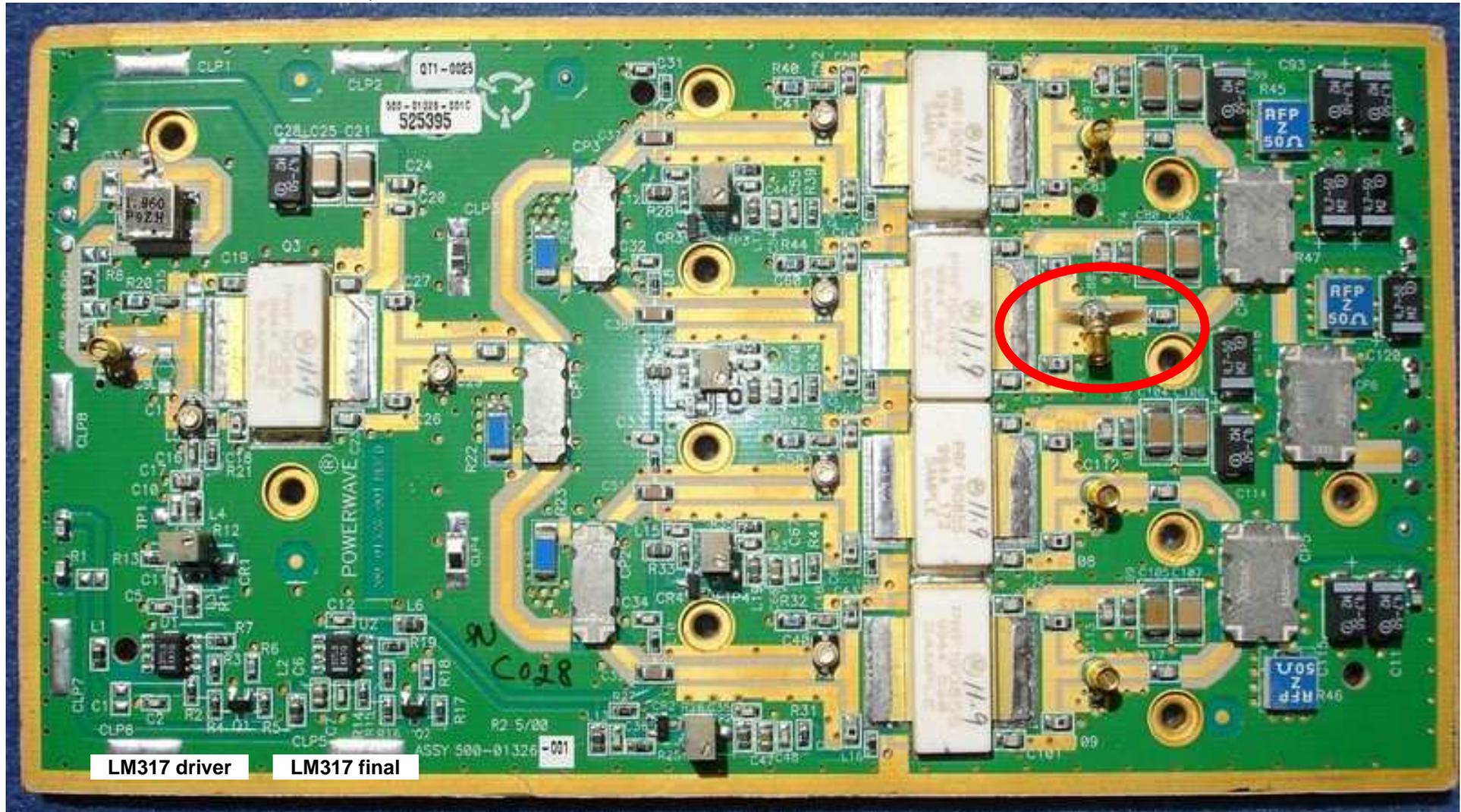
Plan

- 1- Vue globale et modifications d'origine à apporter
- 2- Polarisations : modifications impératives
- 3- Réparation ligne imprimée sur drain de Q7
- 4- Montage sur radiateur conséquent
- 5- Mesures dans l'état d'origine : scalaire & puissance en compression
- 6- Mesures sur l'isolateur CMS amont intégré
- 7- Mesures directes sans l'isolateur CMS amont
- 8- Réajustements à 2.32 GHz sans isolateur amont. Mesures en linéaire et en compression
- 9- Modifications effectuées pour meilleure compatibilité en puissance
- 10- Nouvelles mesures en linéaire et compression, après dernières modifications (*avant crash*)
- 11- Nouvelle réparation par F6CIS et F5BQP
- 12- Conclusion finale

1- Vue globale + modifications d'origine

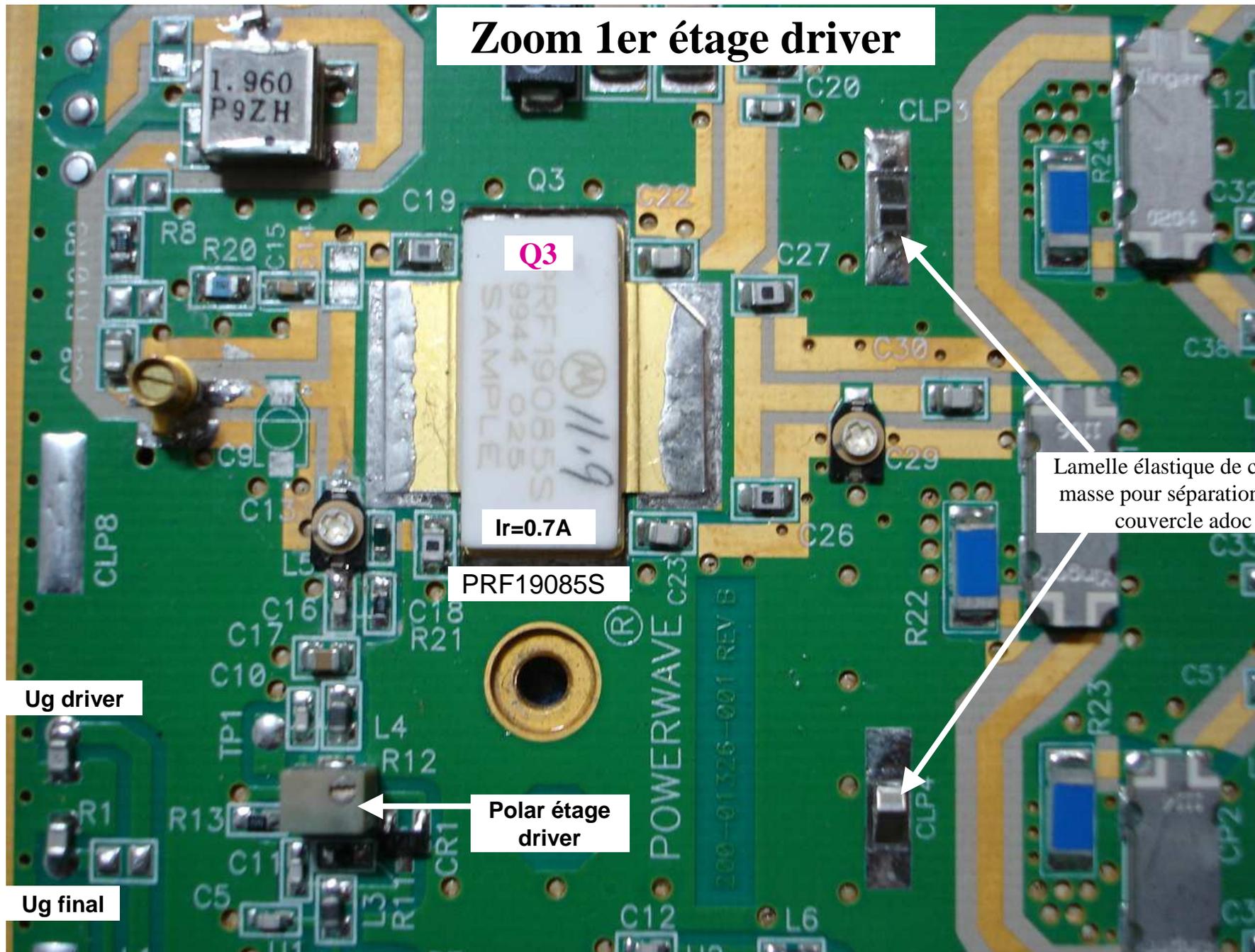
Présentation

Dimensions totales 181 x98, H=5 environ



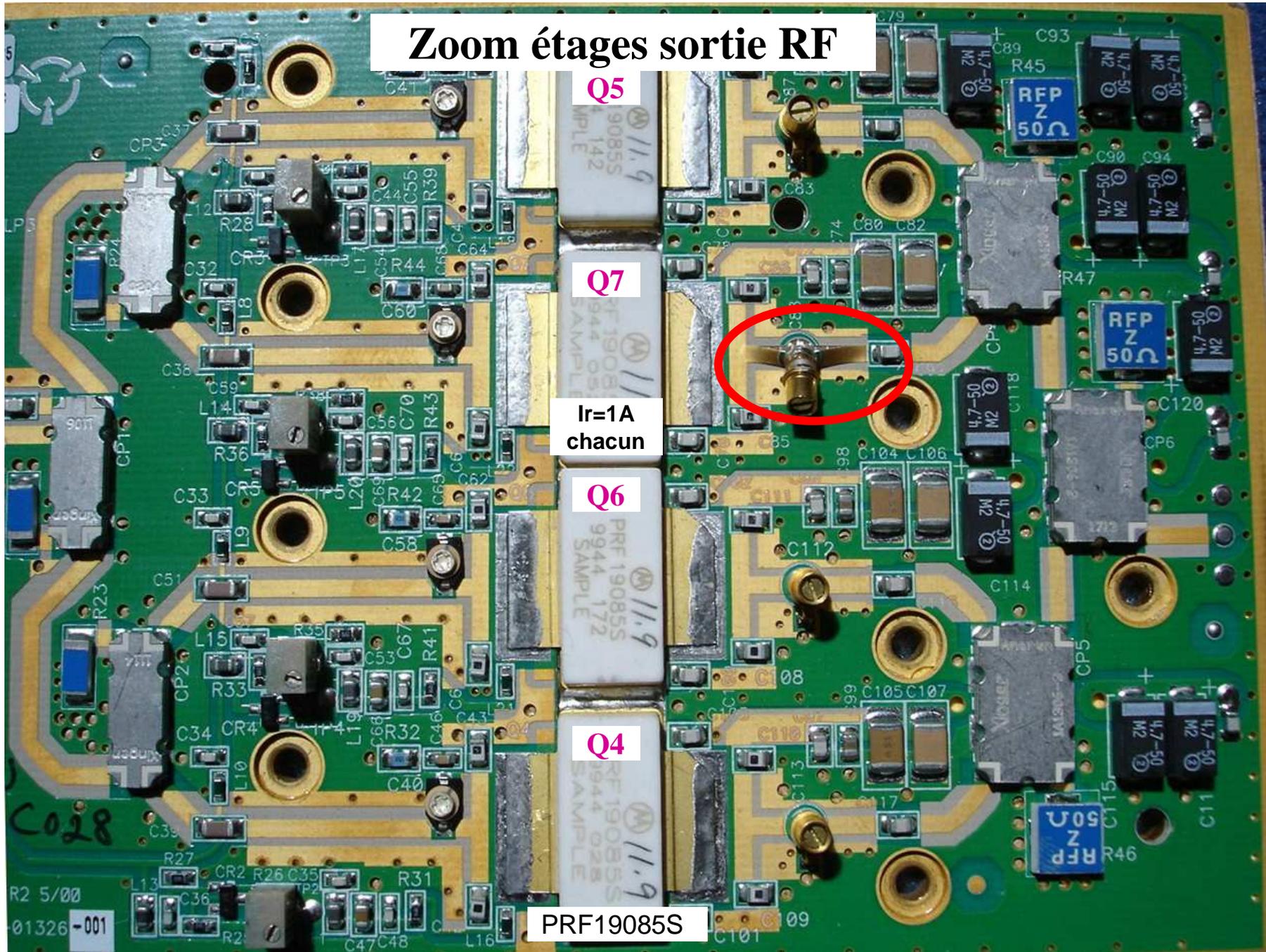
Powerwave 200-01326-001

Zoom 1er étage driver



Lamelles élastiques de contact masse pour séparation dans couvercle adoc

Zoom étages sortie RF



Q5

Q7

Ir=1A
chacun

Q6

Q4

PRF19085S

Equivalences LDMOS (dixit F2TU et F6CXO)

SRF7066 = MRF19085

SRF7065S = MRF19085S

SRF7066S = MRF19085S

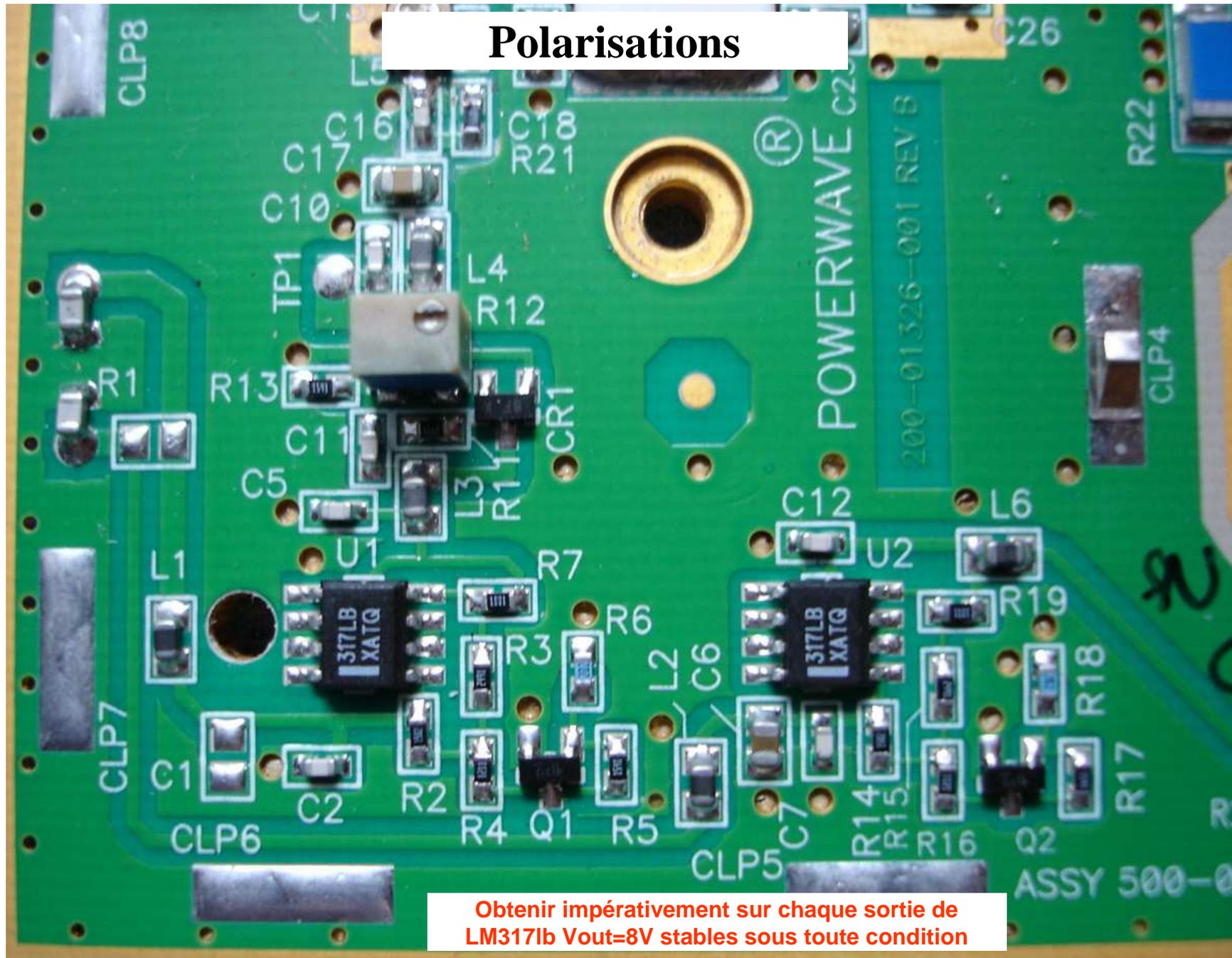
SRF7067S = MRF19125S

SRF7068S = MRF21085S

2- Polarisation : modifications impératives

A effectuer impérativement avant toute « mise à feu » !!

Polarisations



Obtenir impérativement sur chaque sortie de LM317lb $V_{out}=8V$ stables sous toute condition

Modification de chaque polarisation

Extrait de l'article de F6CIS : modification des PA 60W (1 + 4 x 21085S) → 250W output sur 2.3 GHz dans la revue B5+

Les mods

- A faire impérativement et avant d'y mettre le jus

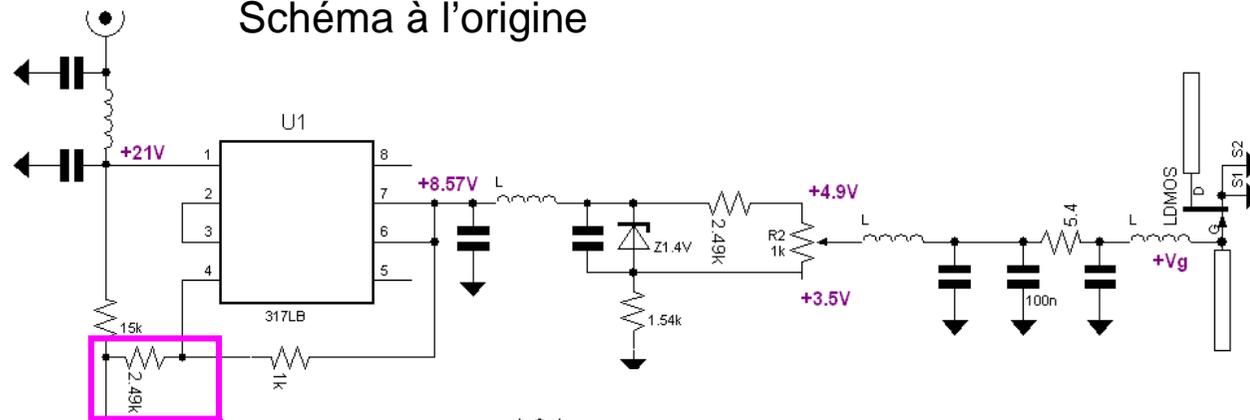
Polar réétudiée par Joël F6FHP => **important pour limiter les risques de casse** et pour une meilleure stabilité globale : supprimer les deux résistances de 1K des LM317 (R?/U1 et R15/U2) et installer deux résistances CMS de 5.4K chacune entre le côté des 2K et la masse pour avoir environ du 8V régulé/ stable quoi qu'il se passe!

- Réglage des courants de drain

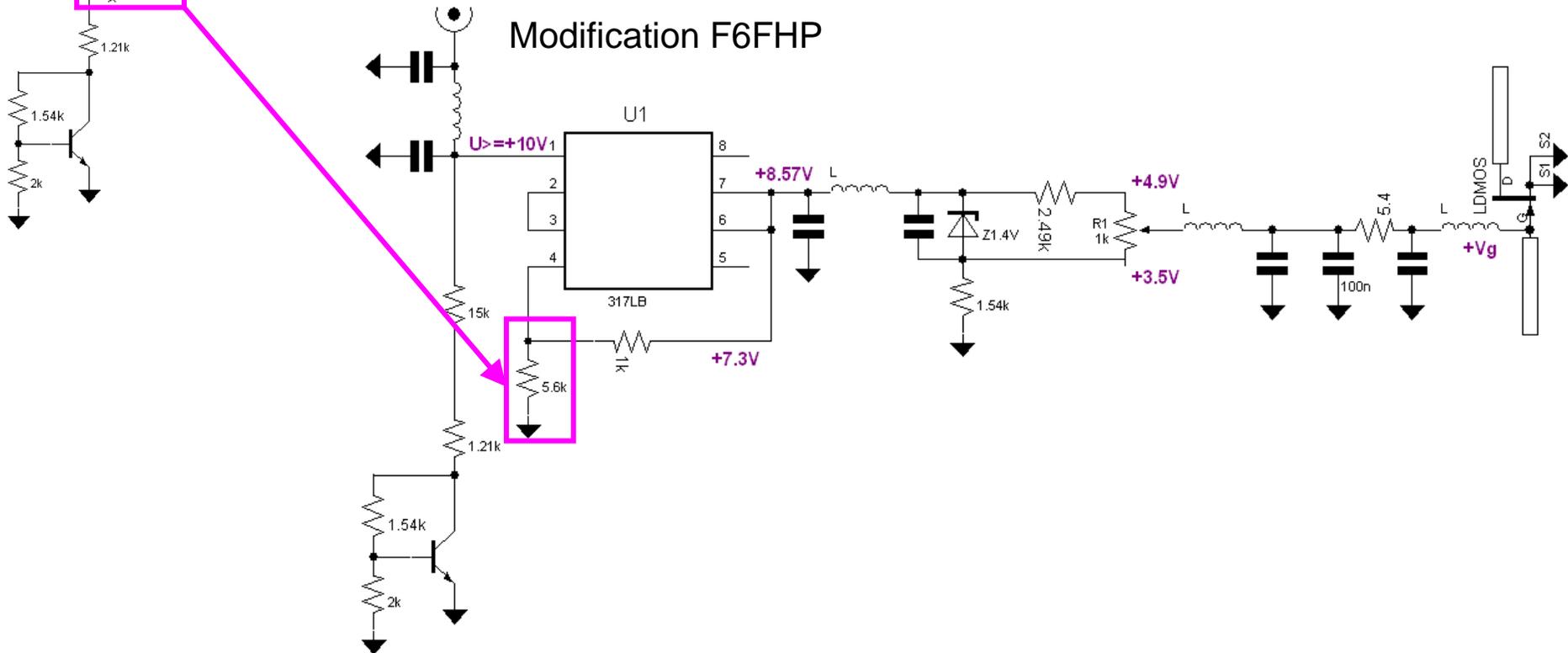
Réglé pour 0.7 Amp sur le driver et 1Amp pour chaque totors de sortie.

Schéma alimentation grille avant et après modification

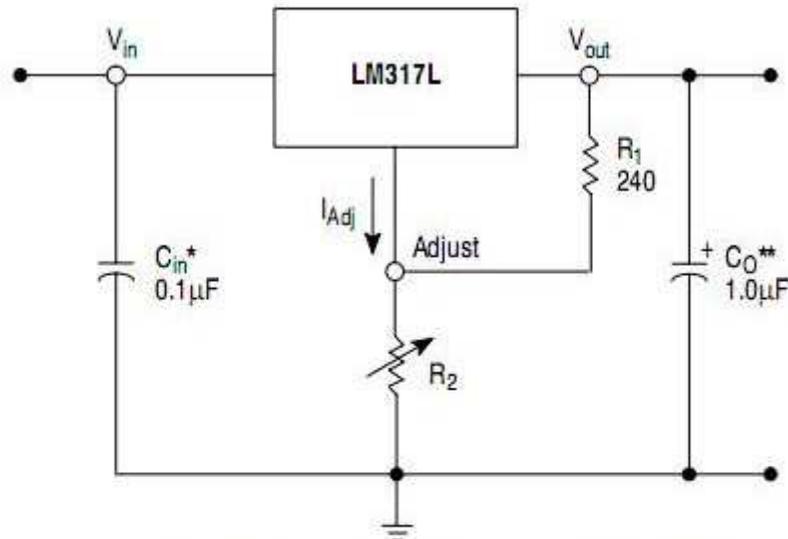
Schéma à l'origine



Modification F6FHP



Simplified Application



* C_{in} is required if regulator is located an appreciable distance from power supply filter.

** C_O is not needed for stability, however, it does improve transient response.

$$V_{out} = 1.25V \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) + I_{Adj}R_2$$

Since I_{Adj} is controlled to less than 100 μA , the error associated with this term is negligible in most applications.

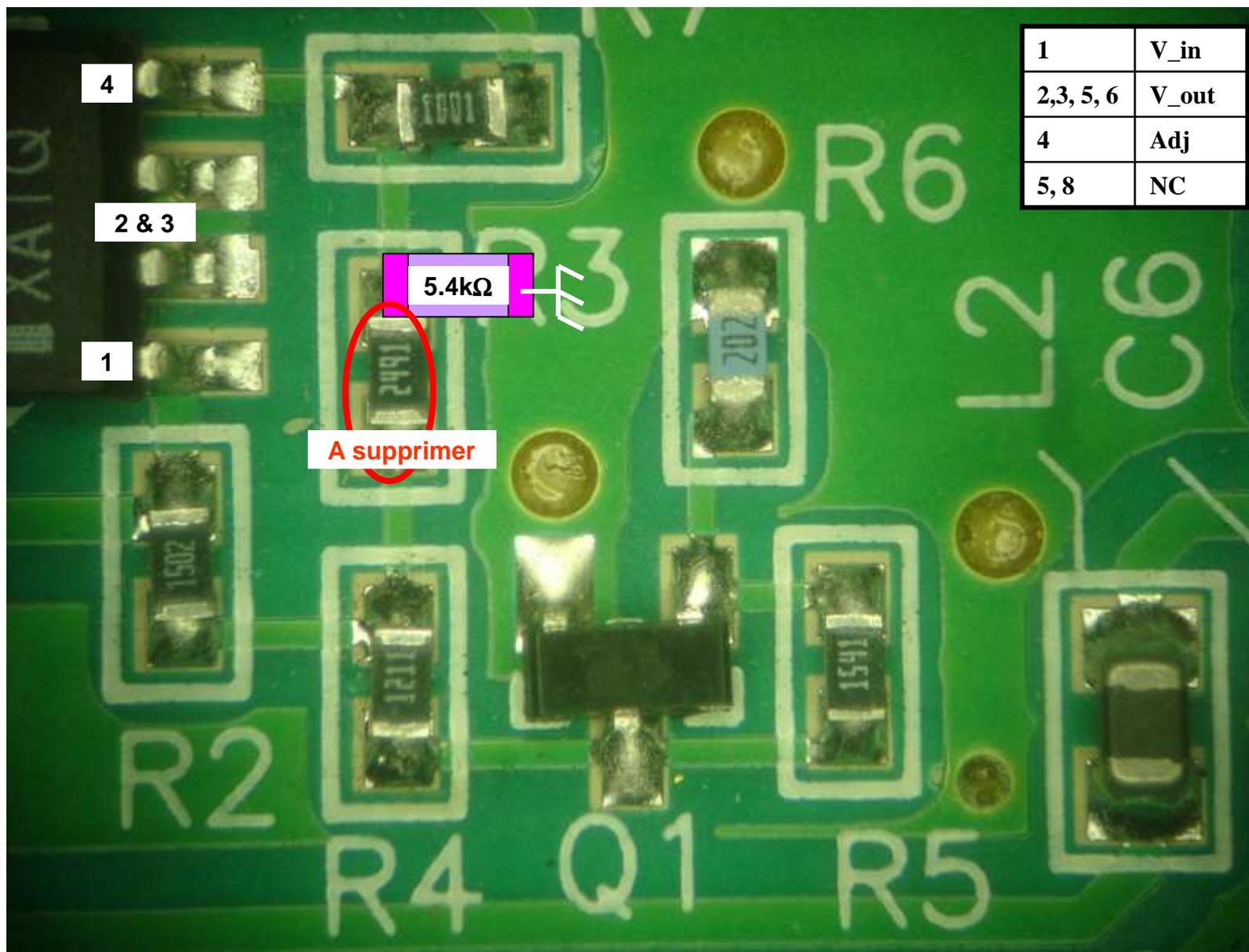
D SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 751
(SOP-8*)



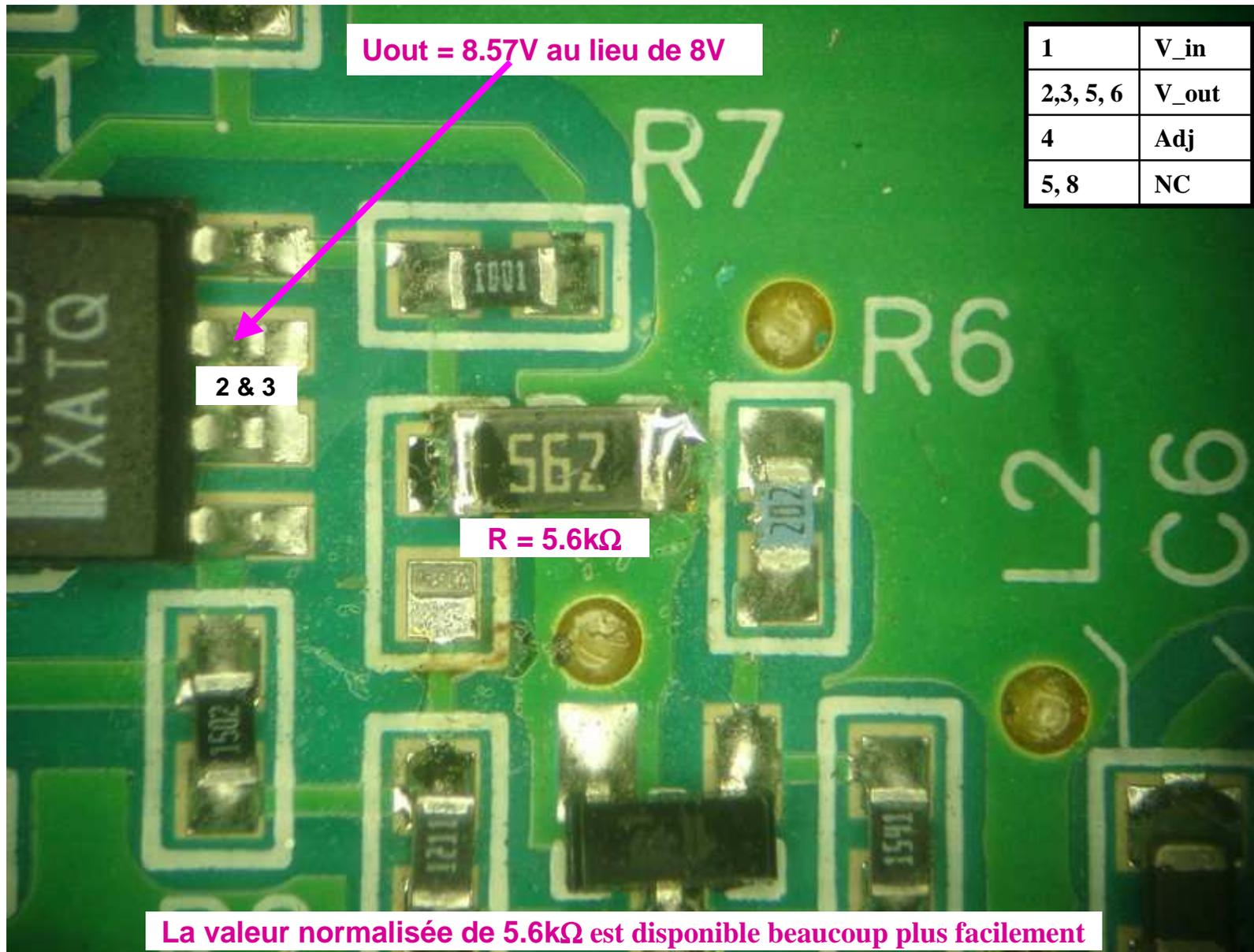
Pin	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
	V_{in}	V_{out}	V_{out}	Adjust	N.C.	V_{out}	V_{out}	N.C.

*SOP-8 is an internally modified SO-8 package. Pins 2, 3, 6 and 7 are electrically common to the die attach flag. This internal lead frame modification decreases package thermal resistance and increases power dissipation capability when appropriately mounted on a printed circuit board. SOP-8 conforms to all external dimensions of the standard SO-8 package.

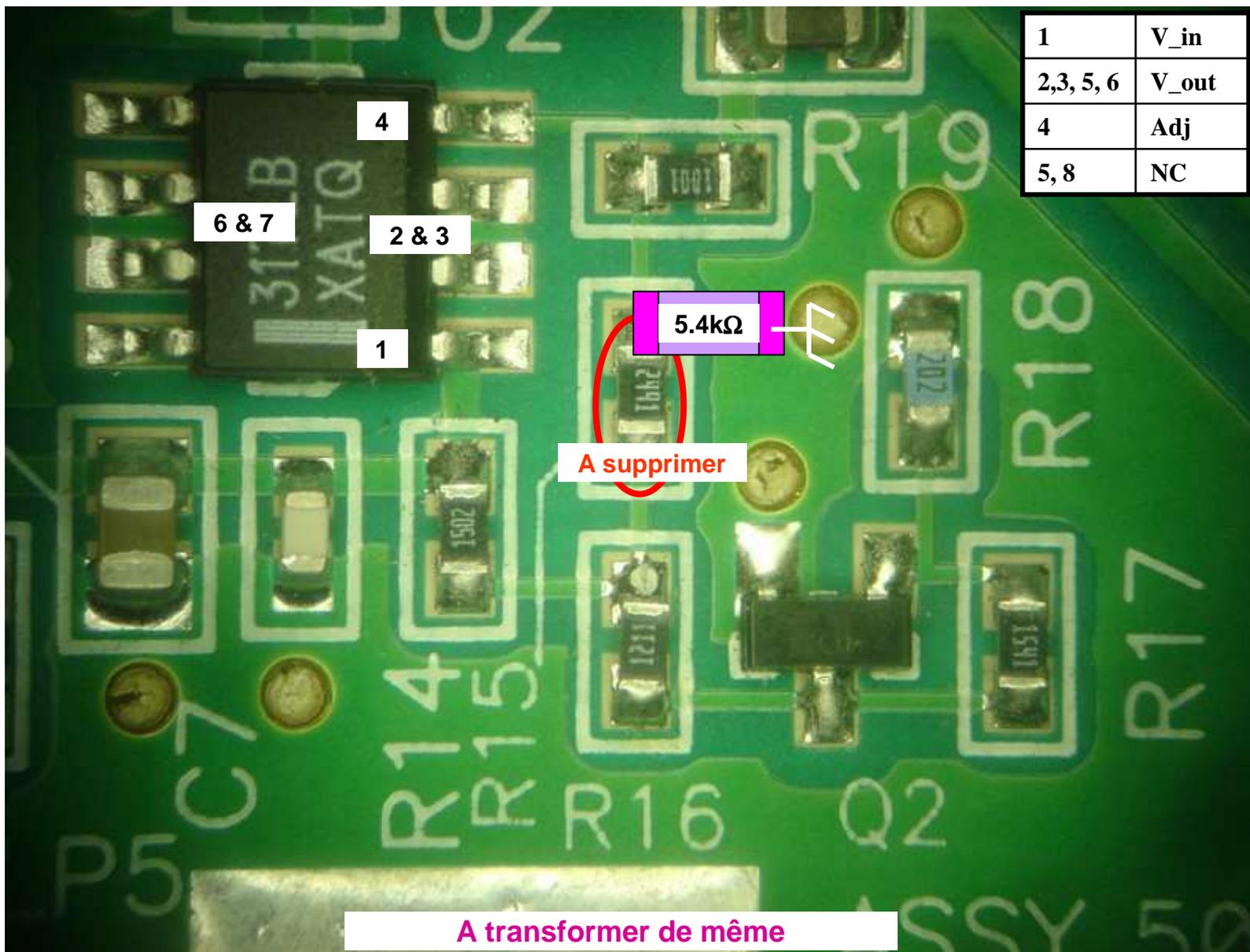
Modife F6FHP polarisation U1 : LM317LB



U1 après transformation (5.6 au lieu de 5.4 k Ω)



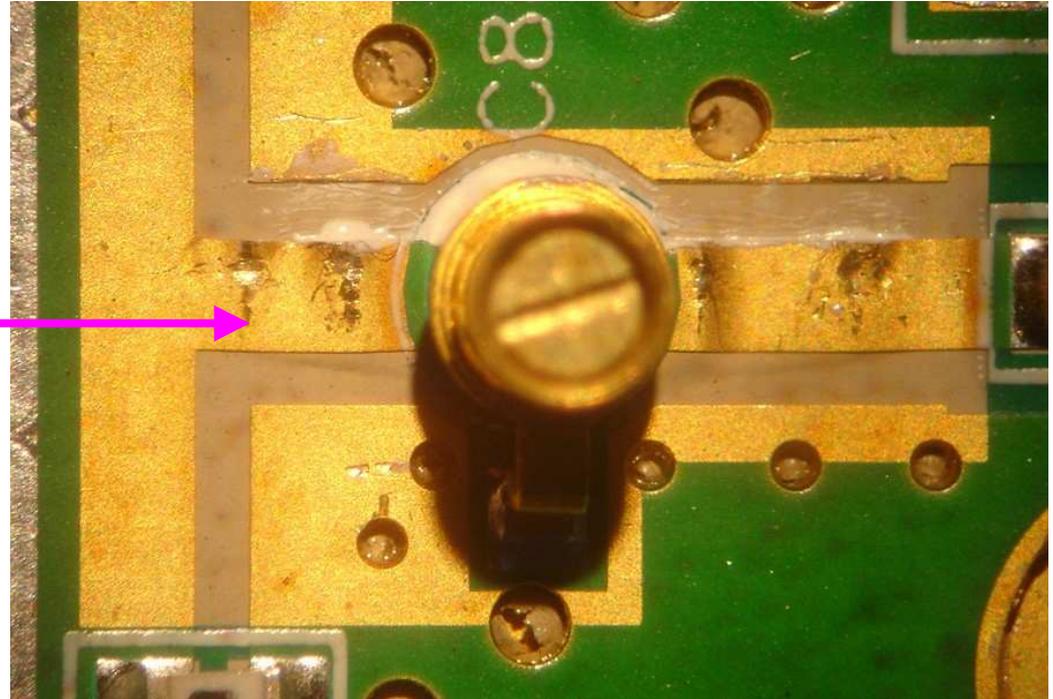
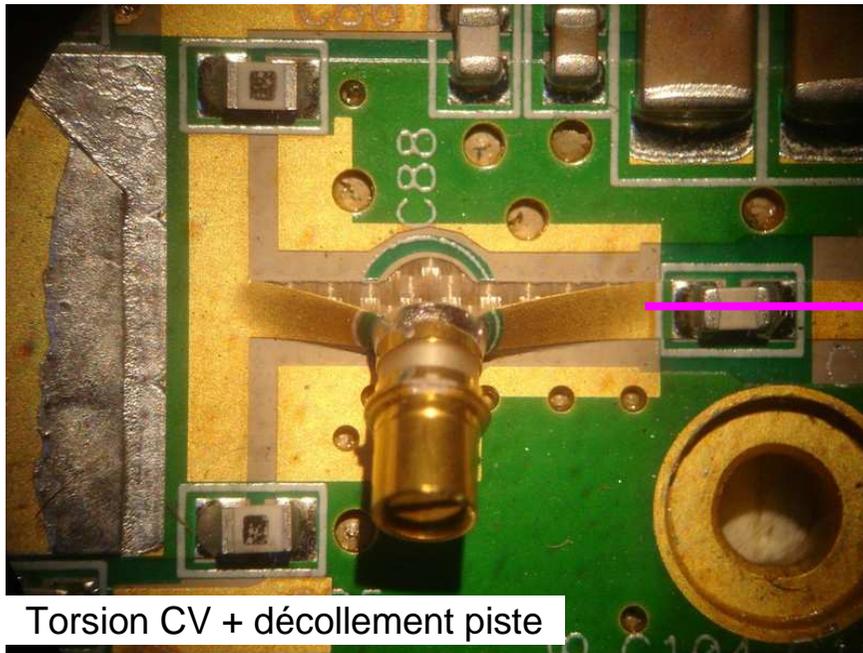
Modife F6FHP polarisation U2 : LM317LB



1	V _{in}
2,3, 5, 6	V _{out}
4	Adj
5, 8	NC

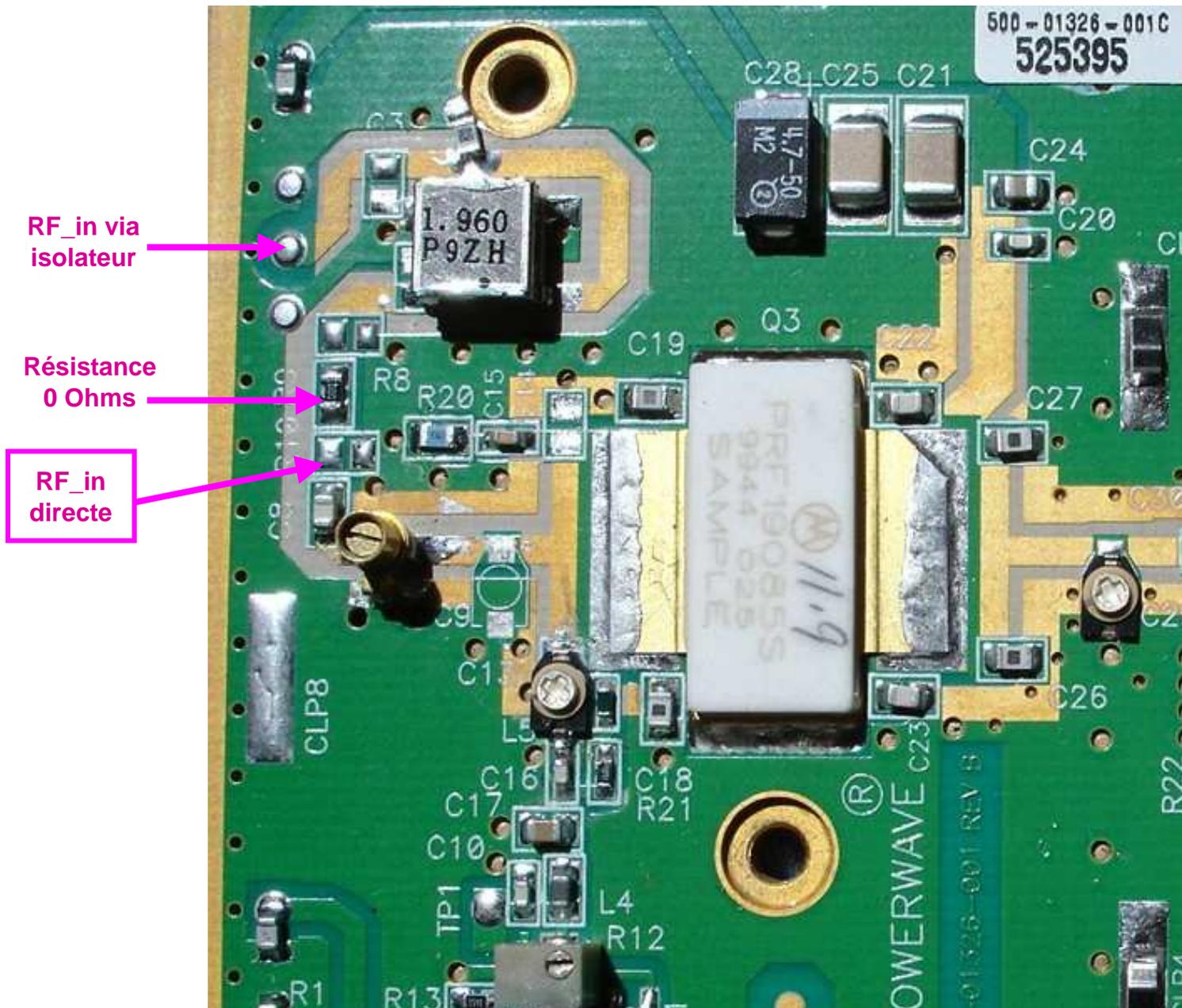
3- Réparation ligne de sortie de Q7

Réparation ligne drain de Q7 à l'araldite



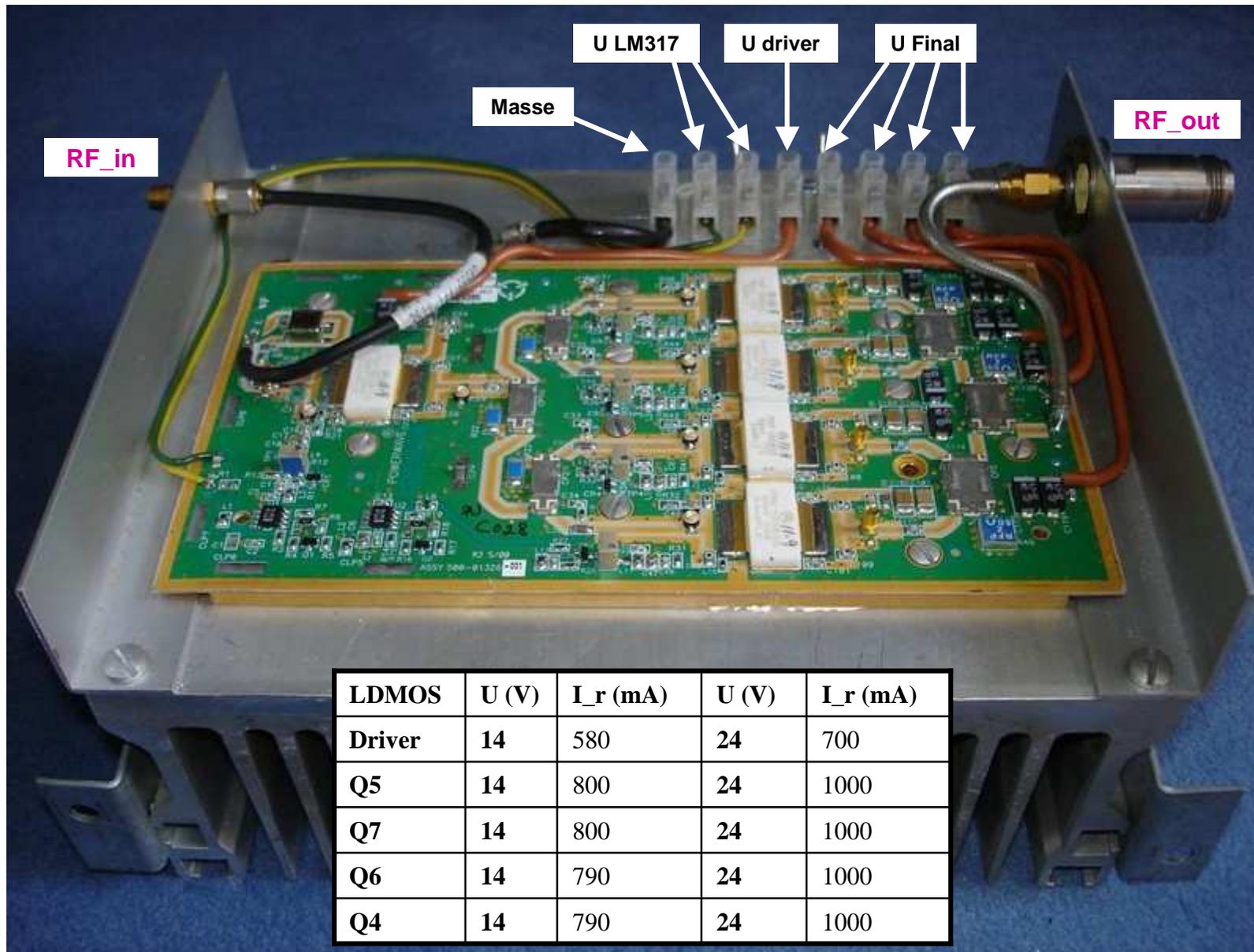
Malheureusement la piste imprimée garde au final son aspect ondulé impossible à corriger !

Zoom sur l'entrée RF



4- Montage sur radiateur conséquent

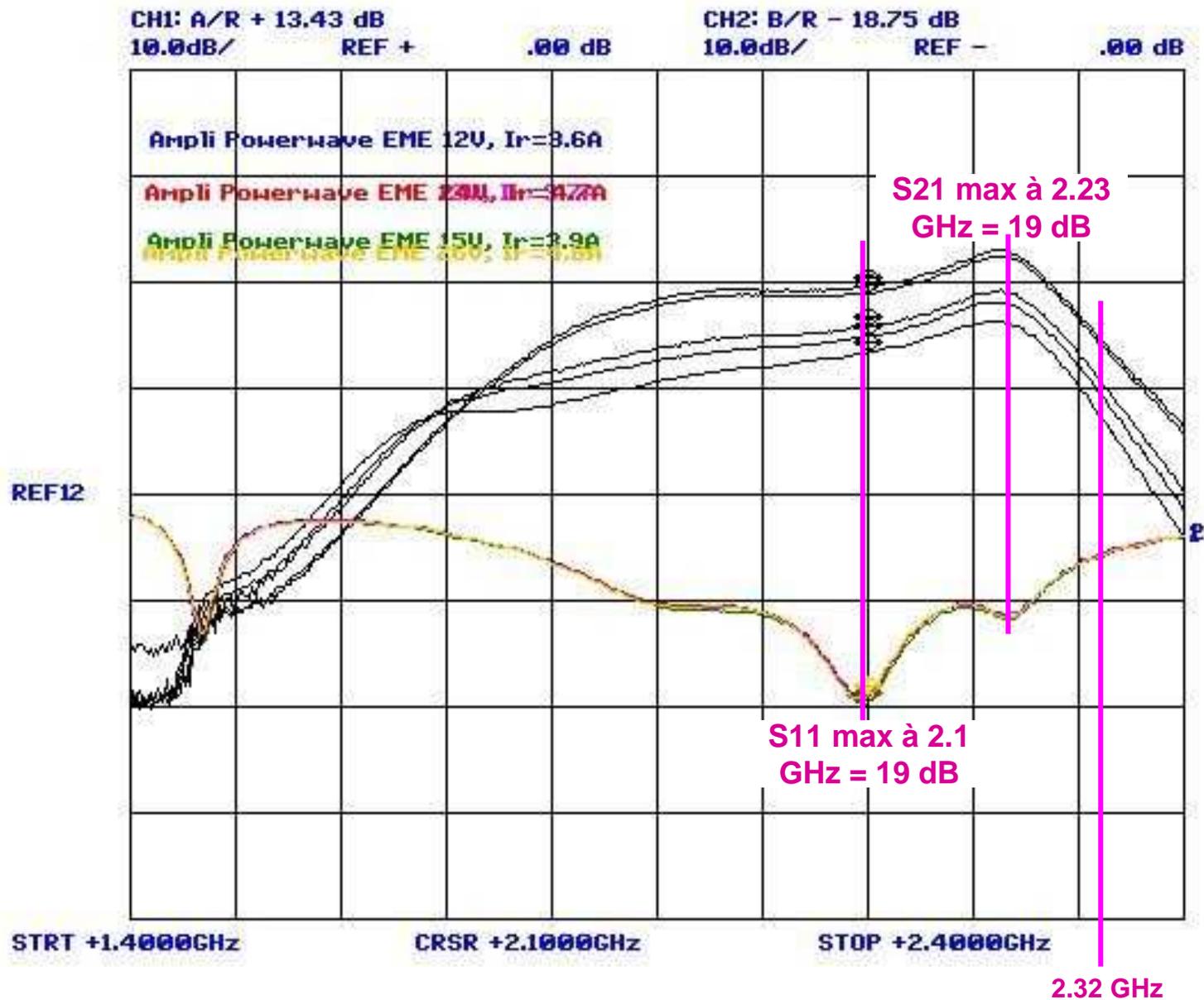
Fixation sur radiateur conséquent



5- Mesures à l'état originel

- Mesures linéaires au scalaire, de 12 à 26V**
- Mesures en compression**

Mesures linéaires au scalaire, de 12 à 26V



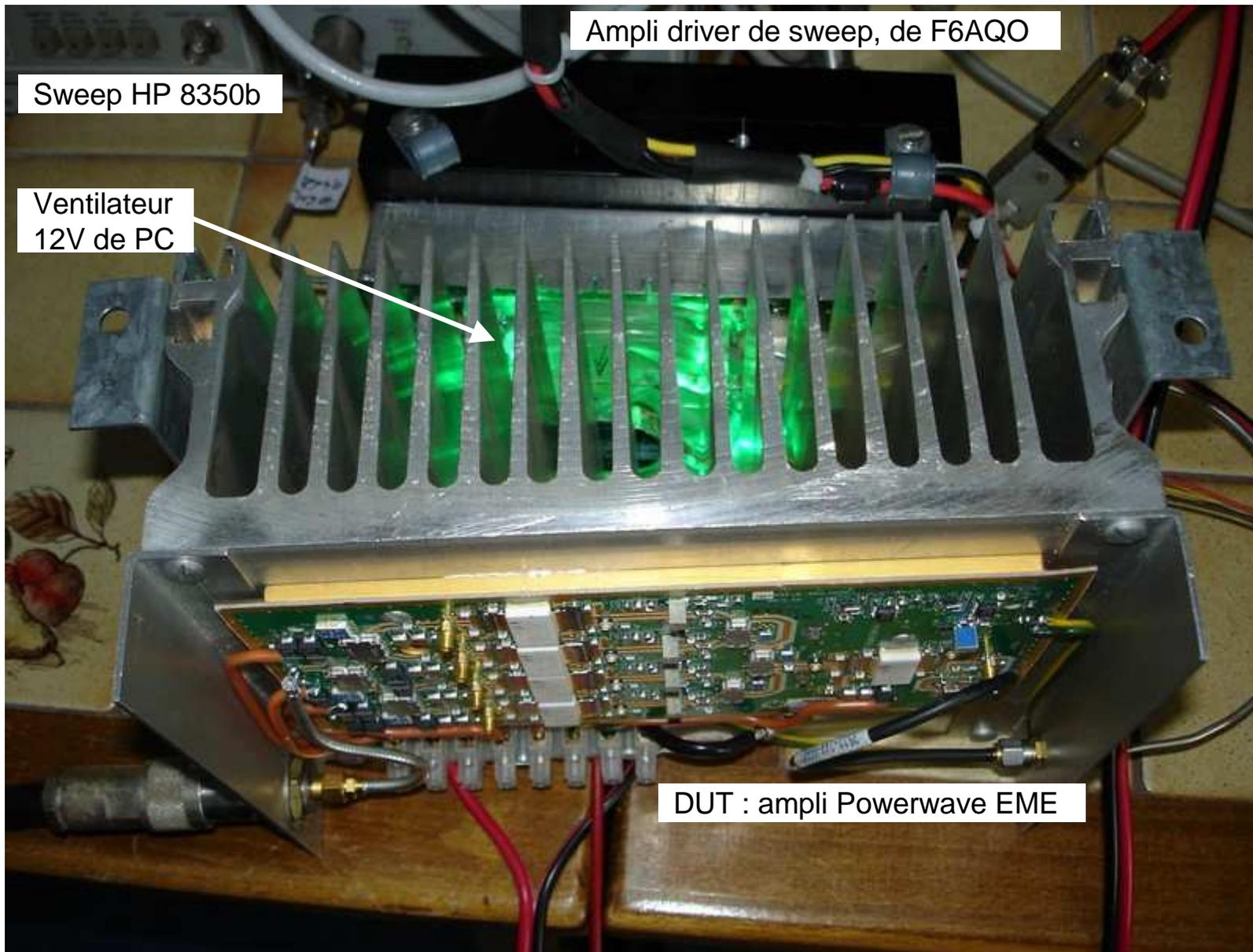
Mesures linéaires au scalaire, de 12 à 26V

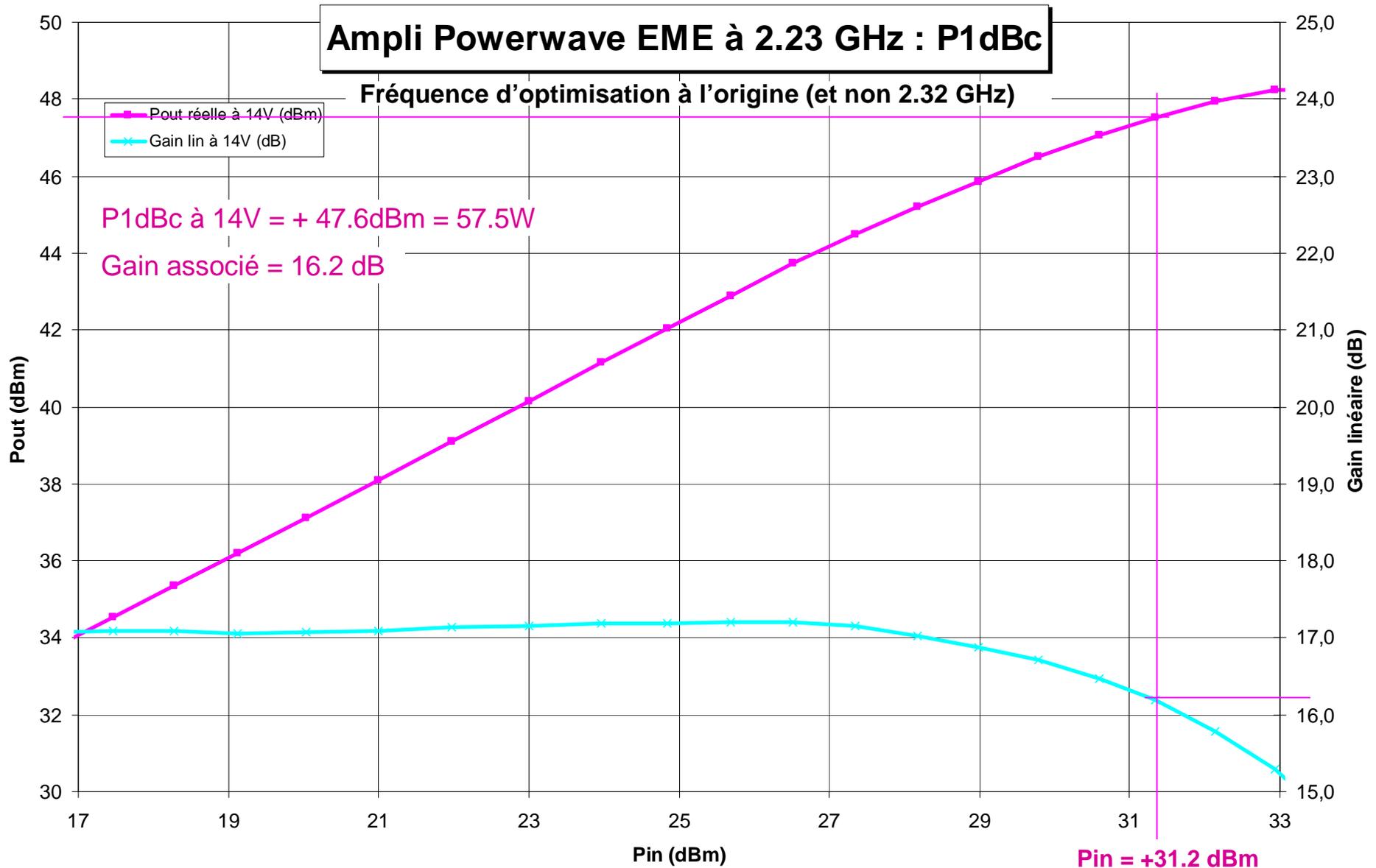
- **A 2.23 GHz** on obtient le meilleur gain linéaire et un S11=12 dB. D'ailleurs une 2ème résonance d'environ 11 dB est parfaitement visible
- **A 2.10 GHz** on obtient l'adaptation maximale de 19 dB, et pourtant **l'isolateur d'entrée est centré sur 1.96 GHz** ! Le gain tombe alors de 2 à 3 dB
- **A 2.32 GHz** le gain linéaire est alors de 8.3 à 8.5 dB inférieur à celui à 2.23 GHz

U (V)	I_r tot (A)	G_lin à 2.10 GHz (dB)	G_lin à 2.23 GHz (dB)	G_lin à 2.32 GHz (dB)
12	3.6	13.3	16.3	7.9
13	3.7	14.15	17.25	8.9
14	3.75	14.9	18.1	9.95
15	3.9	15.6	18.9	10.75
24	4.7	18.9	22.5	14.4
26	4.8	19.3	22.9	14.6

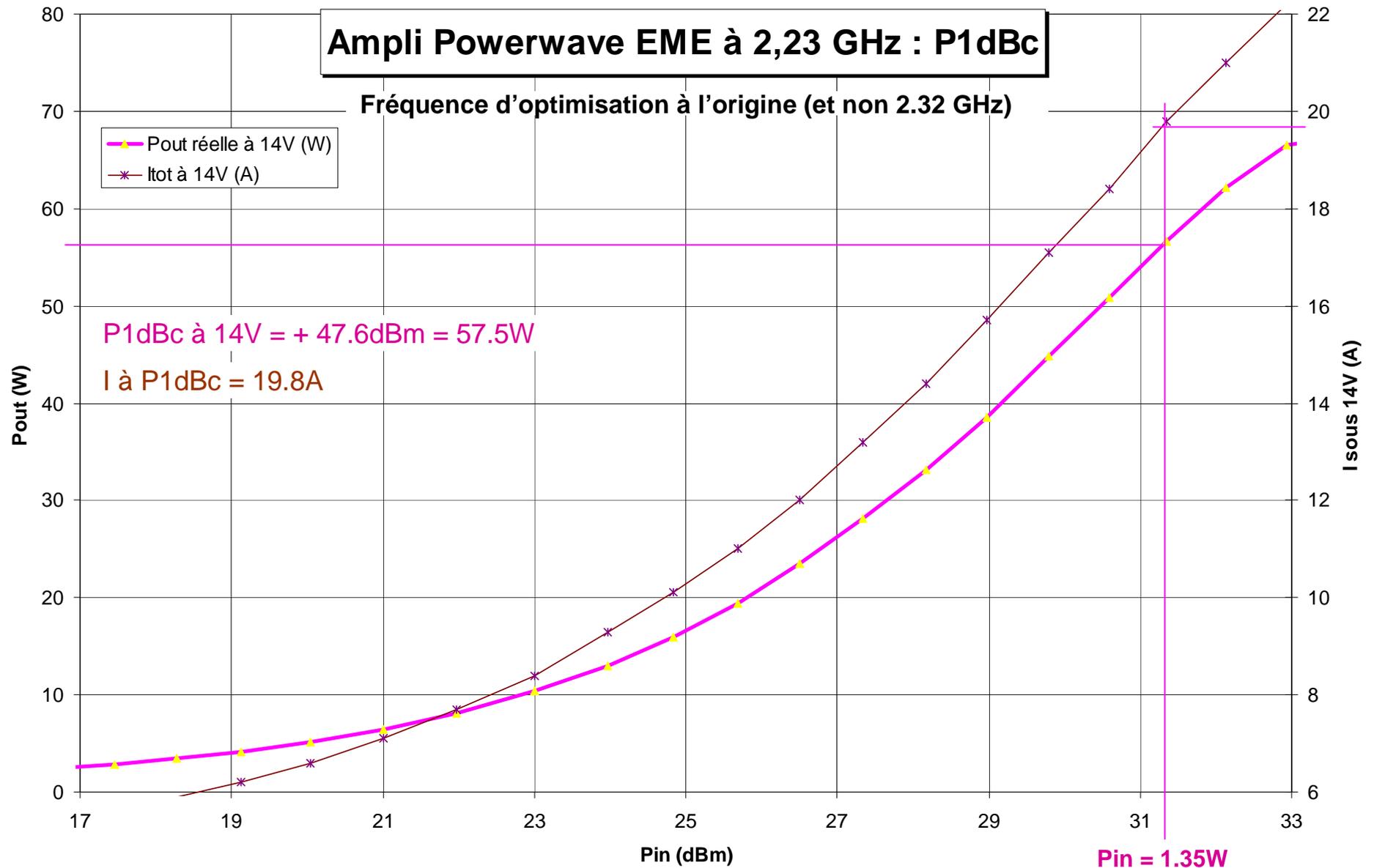
Donc avant substitution de l'isolateur d'entrée on effectuera les mesures de P1dBc à 2.23 GHz

Banc de mesures en compression



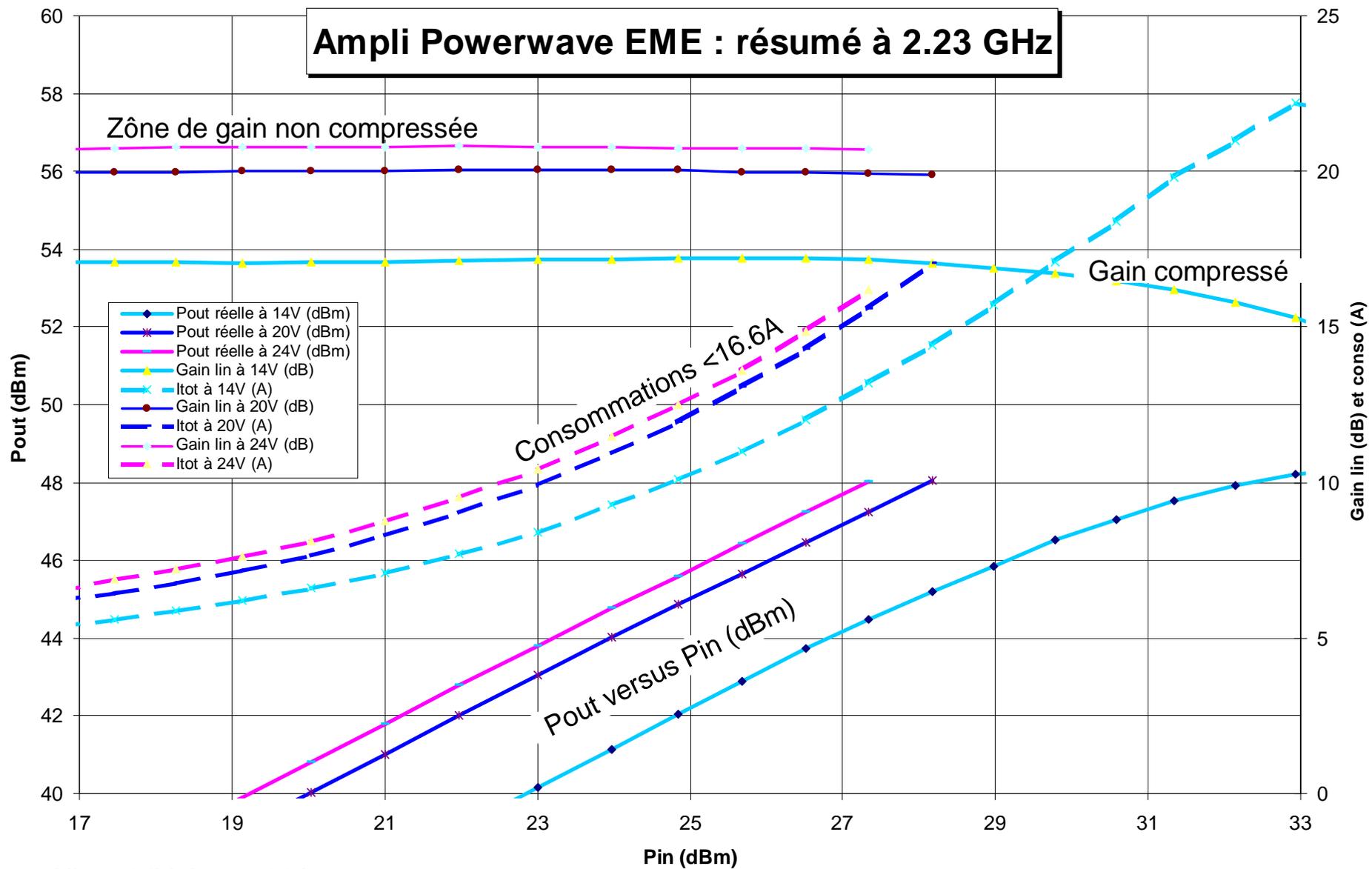


Alimentation 0-15V limitée à 25A



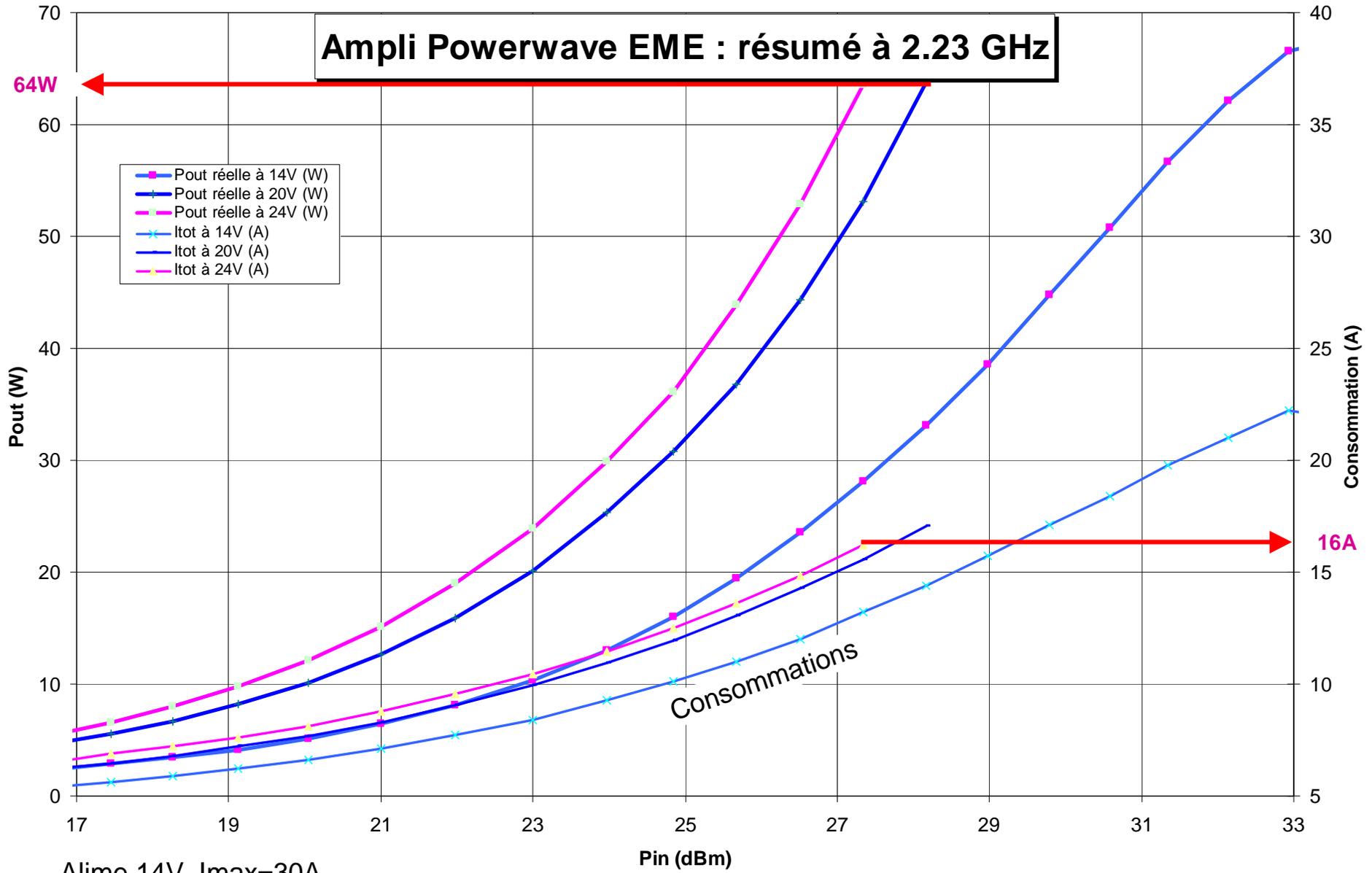
Alimentation 0-15V limitée à 25A

Ampli Powerwave EME : résumé à 2.23 GHz



Alime 14V, I_{max}=30A
 Alime 20V ou 24V bridée à 16.6A

Ampli Powerwave EME : résumé à 2.23 GHz

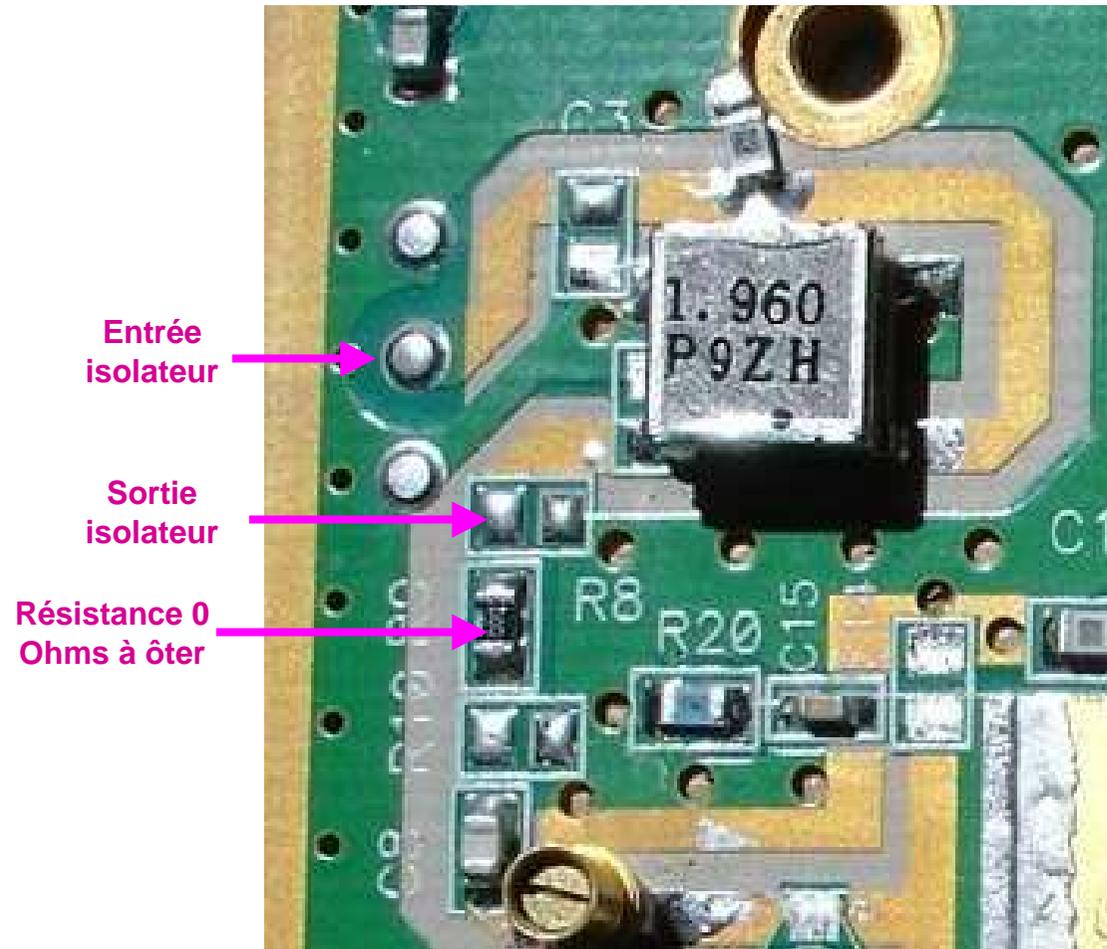


Alime 14V, I_{max}=30A
Alime 20V ou 24V bridée à 16.6A

6- Mesures de l'isolateur 1.96 GHz CMS d'entrée seul

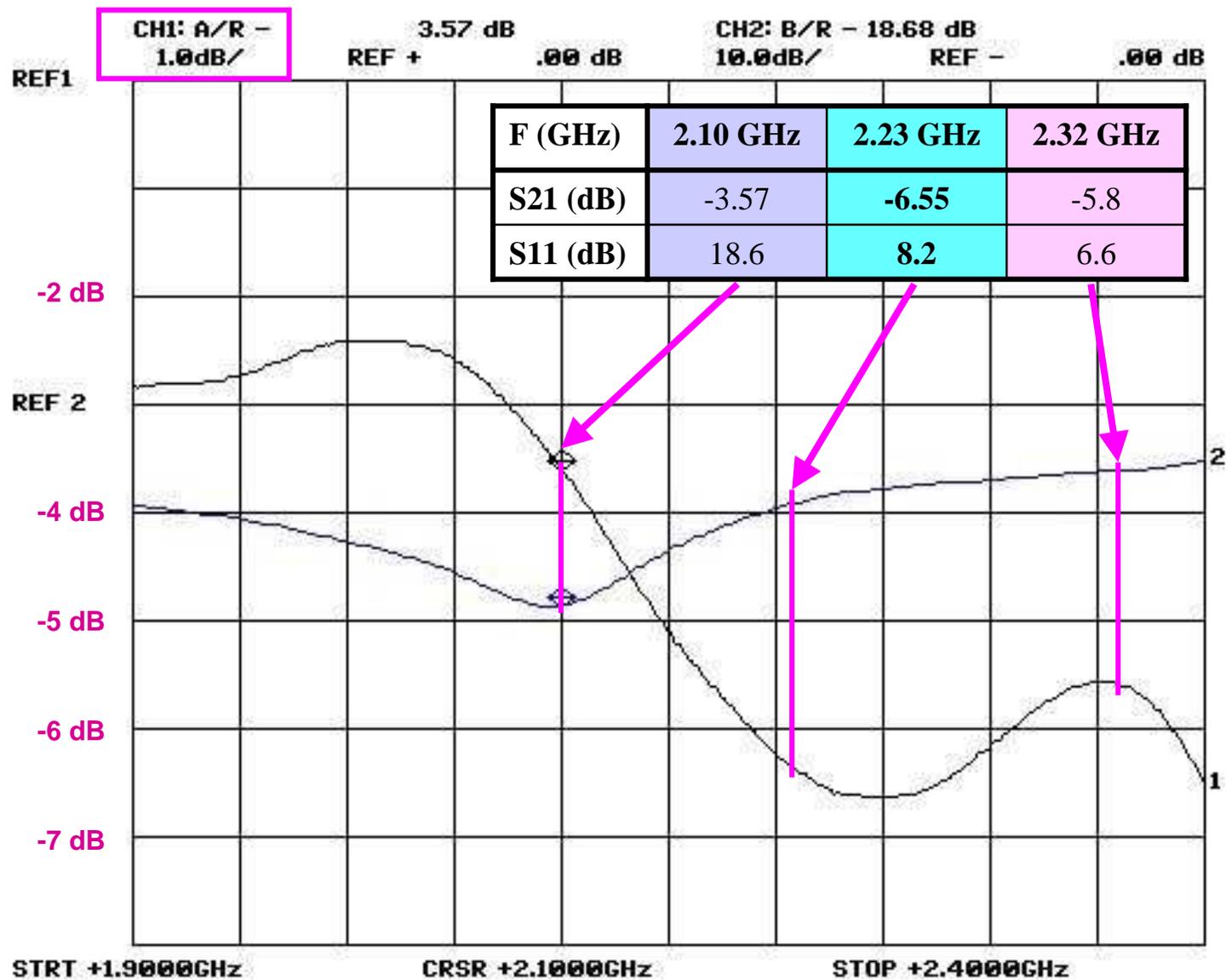
Isolateur 1.96 GHz CMS d'entrée

- Entrée isolateur : conservation du coax semi-rigide
- Enlèvement de la résistance 0 Ohms
- Sortie isolateur : soudure d'un minicoax équipé SMA



Isolateur 1.96 GHz CMS d'entrée

Ampli Powerwave EME : isolateur amont 1.96 GHz CMS



Isolateur 1.96 GHz CMS d'entrée

Comparaison entre 2.23 et 2.32 GHz:

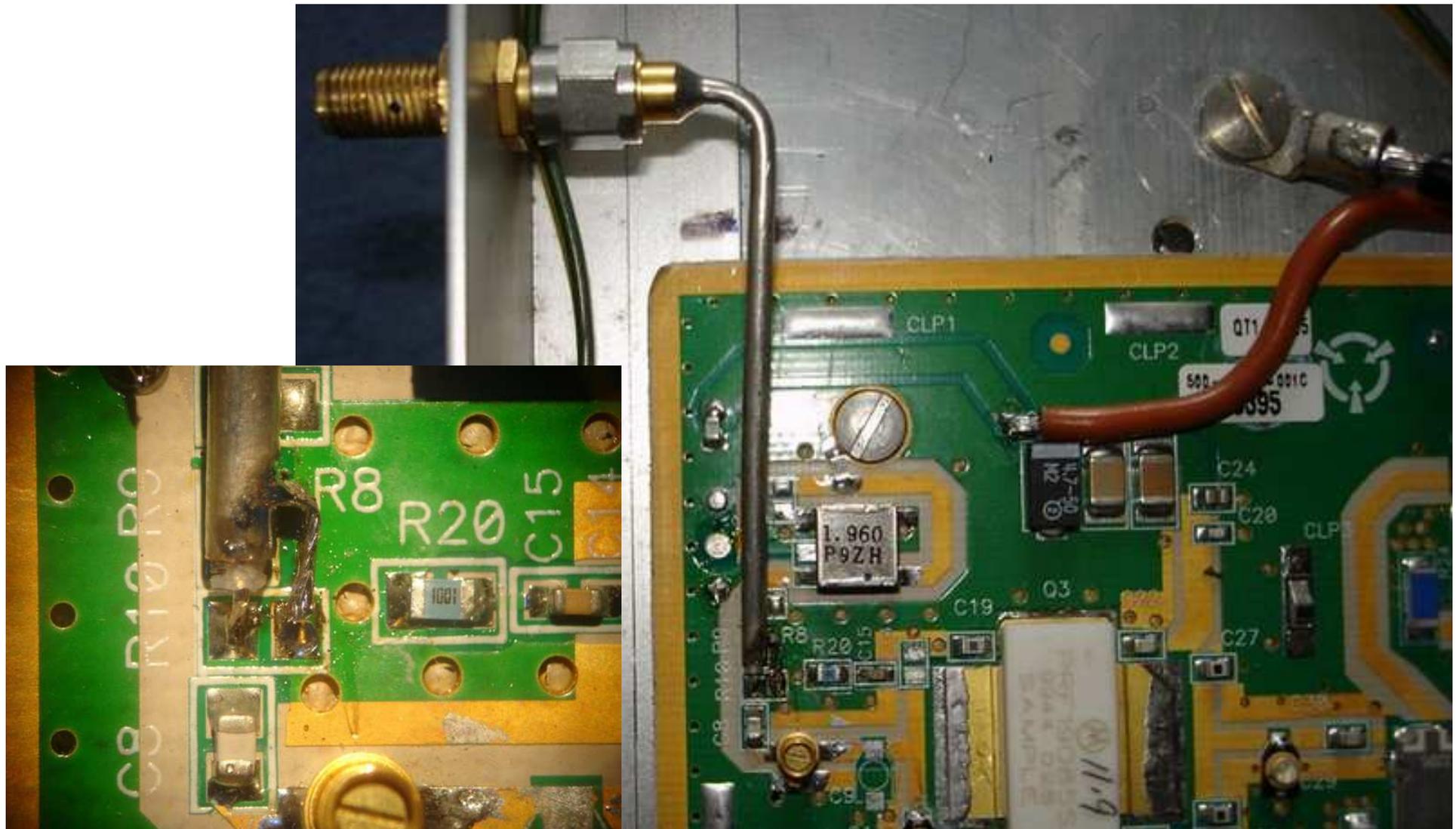
- A 2.10 GHz, perte série 3.6 dB et S11 = 19 dB
- **A 2.23 GHz, perte série 6.5 dB et S11 < 10 dB !**
- A 2.32 GHz, perte série 5.8 dB (donc 0.7 dB de mieux) et S11 presque aussi mauvais

Donc pour le réajustement à 2.32 GHz l'isolateur ayant une perte de 0.7 dB moins importante qu'à 2.23 GHz n'influencerait pas sur la puissance de sortie et pourrait être conservé (mais perte 5.8 dB) !

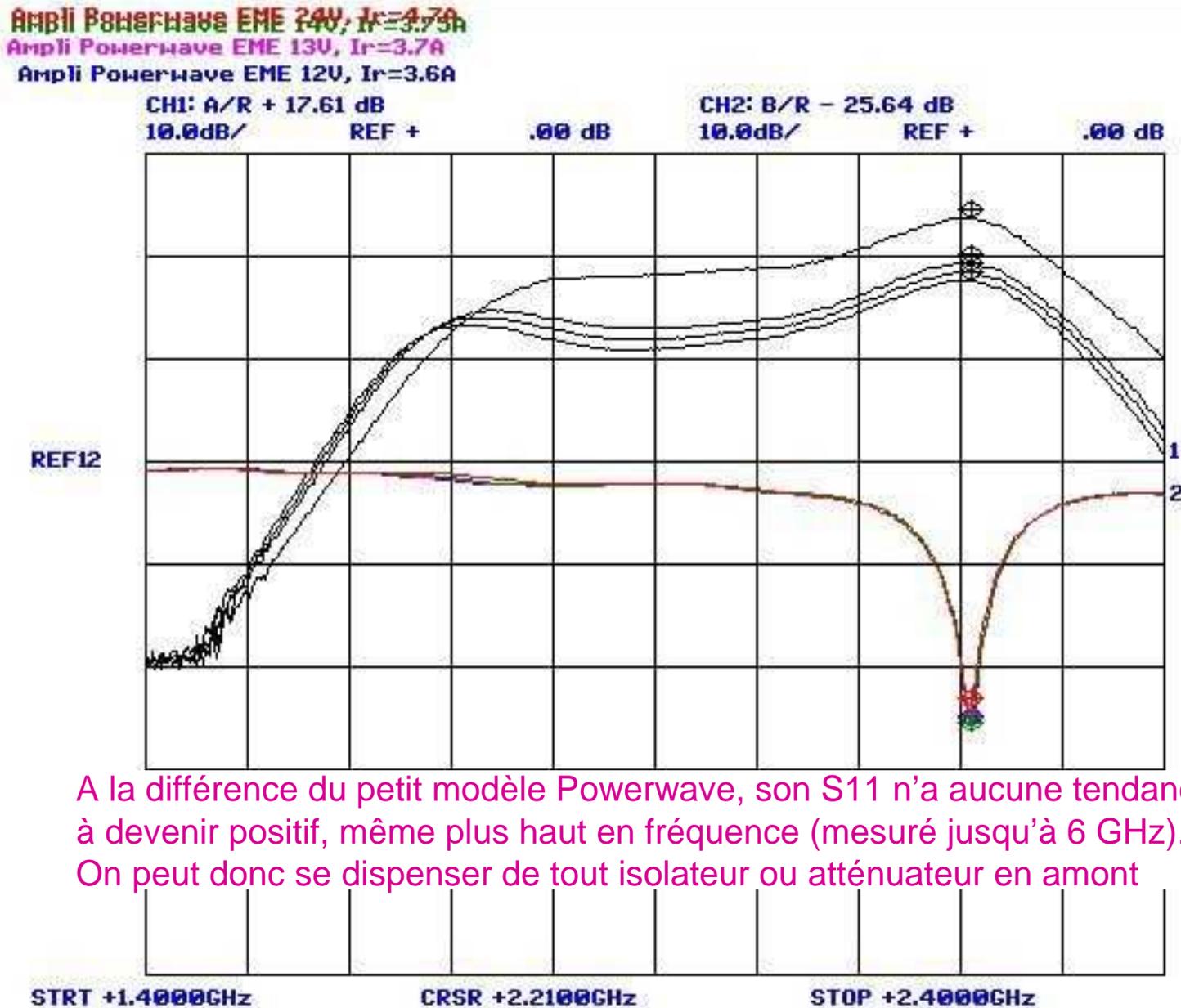
7- Mesures directes à 2.21 GHz sans isolateur amont

-Ampli centré d'origine à 2.21 GHz

Mesure scalaire sans isolateur amont



Mesure scalaire sans isolateur amont



A la différence du petit modèle Powerwave, son S11 n'a aucune tendance à devenir positif, même plus haut en fréquence (mesuré jusqu'à 6 GHz). On peut donc se dispenser de tout isolateur ou atténuateur en amont

Mesure scalaire sans isolateur amont, de 12 à 26V

- **A 2.21 GHz** l'ampli est parfaitement centré : $S_{11}=25$ dB et pas de 2ème résonance !
- Gain linéaire apporté après avoir ôté l'isolateur CMS :
 - à 2.1 GHz +1.7 dB
 - à 2.21 GHz environ +1.2 dB
 - à 2.32 GHz environ +3 dB

U (V)	I_r tot (A)	G_lin à 2.10 GHz (dB)	G_lin à 2.21 GHz (dB)	G_lin à 2.32 GHz (dB)
12	3.6	14.8	17.8	10.3
13	3.7	15.5	18.45	11.2
14	3.75	16.3	19.35	12.1
15	3.9	17	20.1	13
24	4.7	20.7	23.5	16.7
26	4.9	21	23.8	17.15

En regardant la monotonie du S_{11} et contrairement aux autres modèles Powerwave bien moins puissants, à priori aucune tendance à l'oscillation n'est décelée.

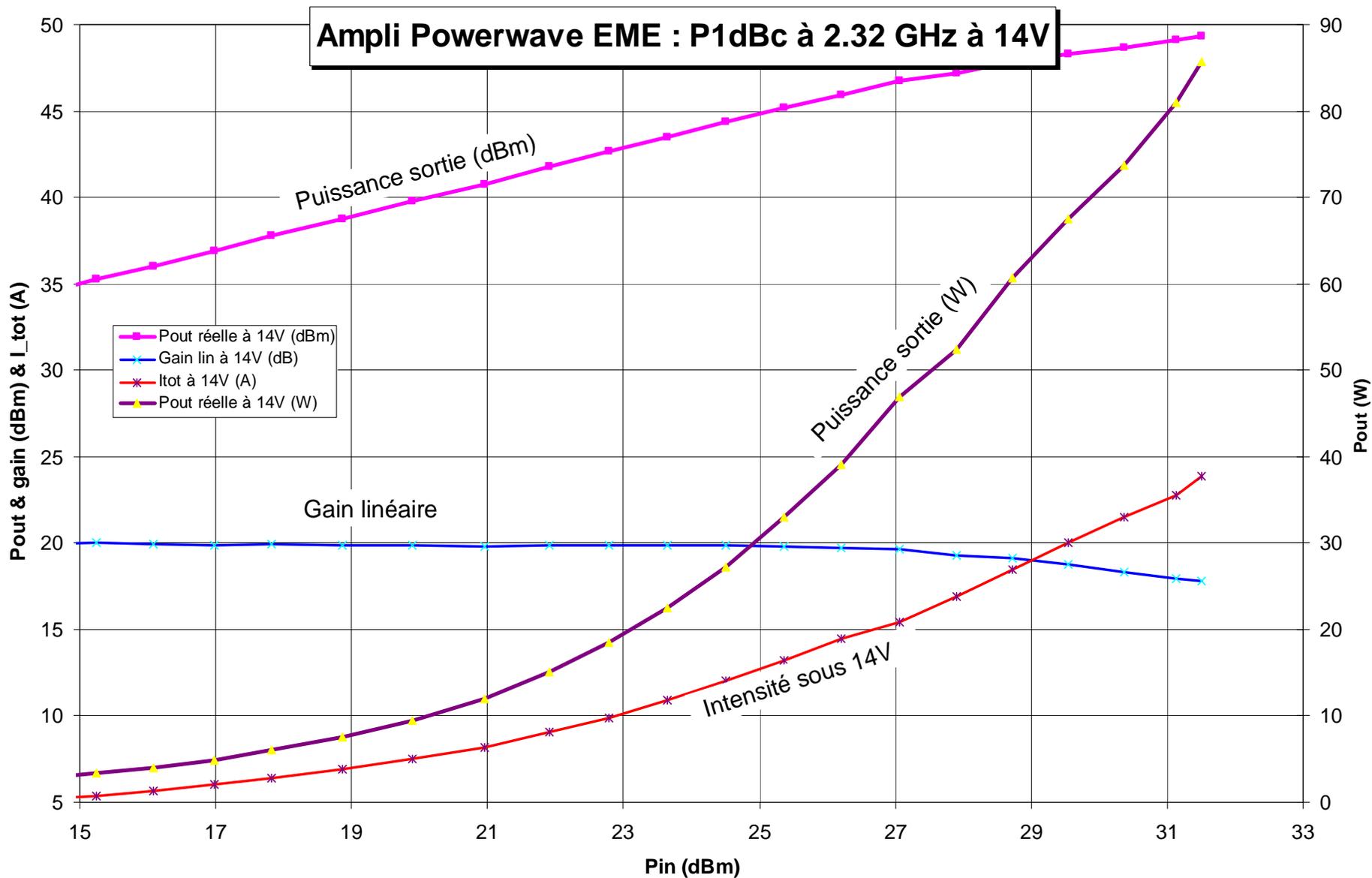
8- Réajustement à 2.32 GHz sans isolateur amont et mesures

- Mesures linéaires au scalaire, de 12 à 26V**
- Mesures en compression**

Réajustement en régime linéaire



- Action sur les 3 CV's du LDMOS driver : très nette
- 4 LDMOS final : dévissage d'un tour de chacun des 4 CV's drain → encore +1 dB



-Gain lin 20 dB à 14V

-P1dBc = 47.8 dBm = 61W et I=18.5A

-P2dBc = 49.8 dBm = 77.6W et I= 22.8A

Alimentation utilisée : 5à15V, I_{max} 30A

9- 1ères modifications par F6CIS et F5BQP

- Pas question de $P_{out} > 70W$ sans ces modifications !!**
- Conseils avisés de Sylvain F6CIS**

Modifications à effectuer avant montée en puissance >80W

Le point avant modifications à effectuer :

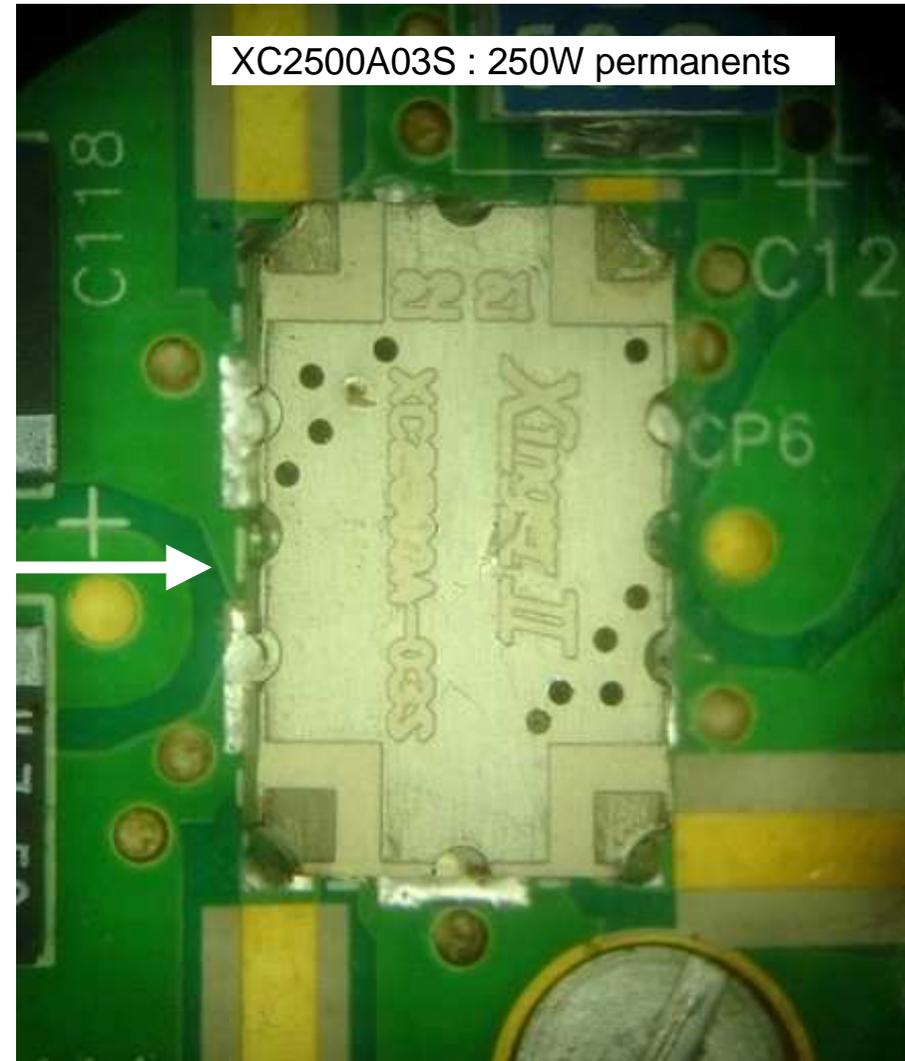
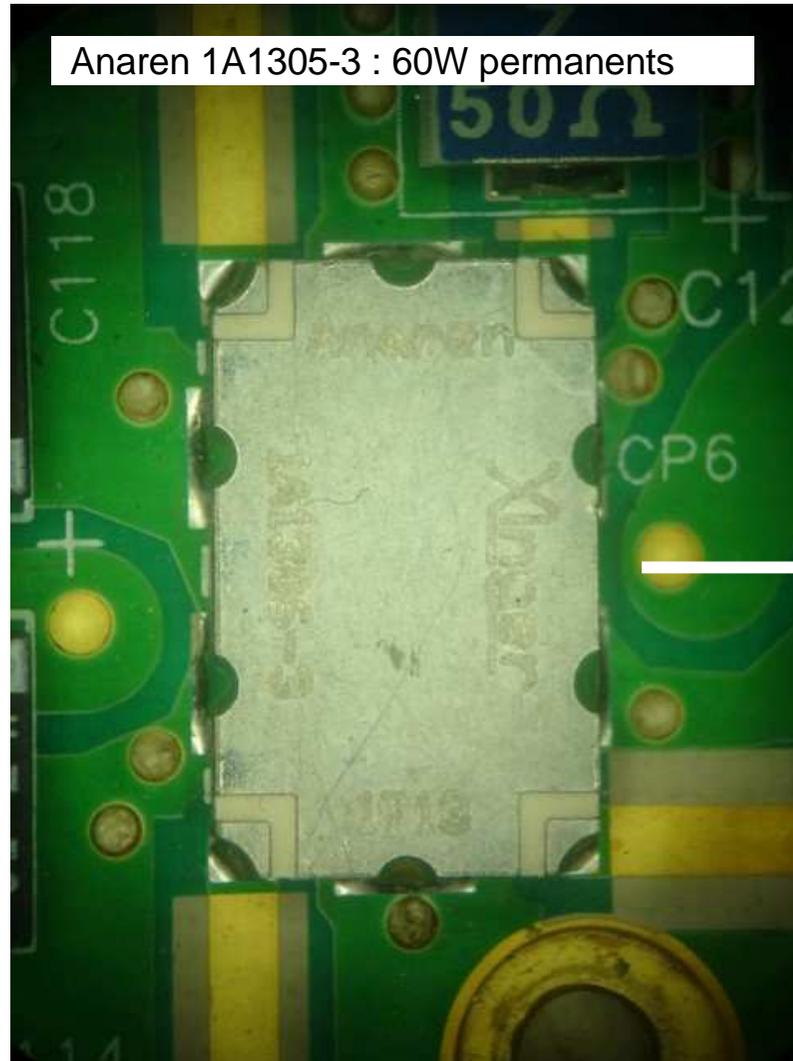
- Substitution des 4 capas CMS de sortie sur les 4 drains des LDMOS (avant coupleurs) des 12pF ATC 100B
- Substitution du coupleur de sortie

Ces 2 modifications sont impératives pour opérer à puissance de sortie >80W sans risques après les étages de sortie

- 2ème ventilateur sur radiateur actuel ou ventilateur beaucoup plus gros
- Substitution de l'alime 20-26V I_{max} 16.6 A par une 30A

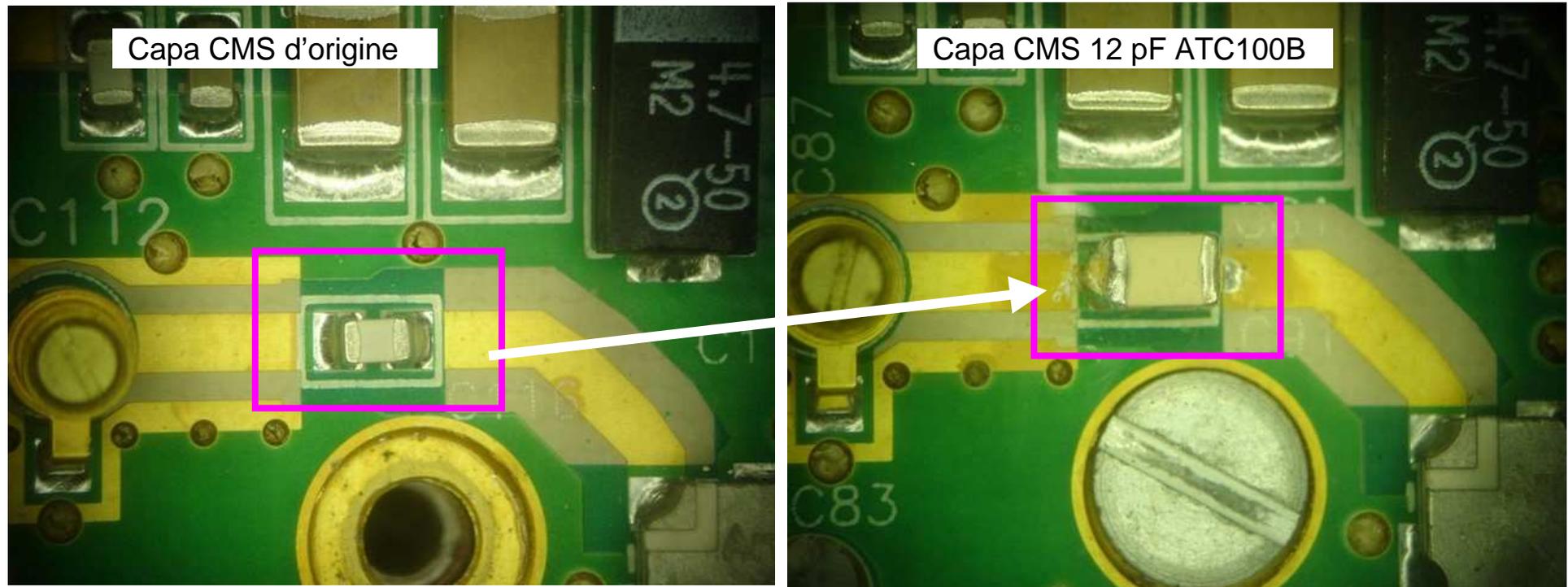
Modifications à effectuer avant montée en puissance >80W

Substitution du coupleur de sortie



Modifications à effectuer avant montée en puissance >80W

Substitution des 4 capas de sortie drain des 4 LDMOS au final



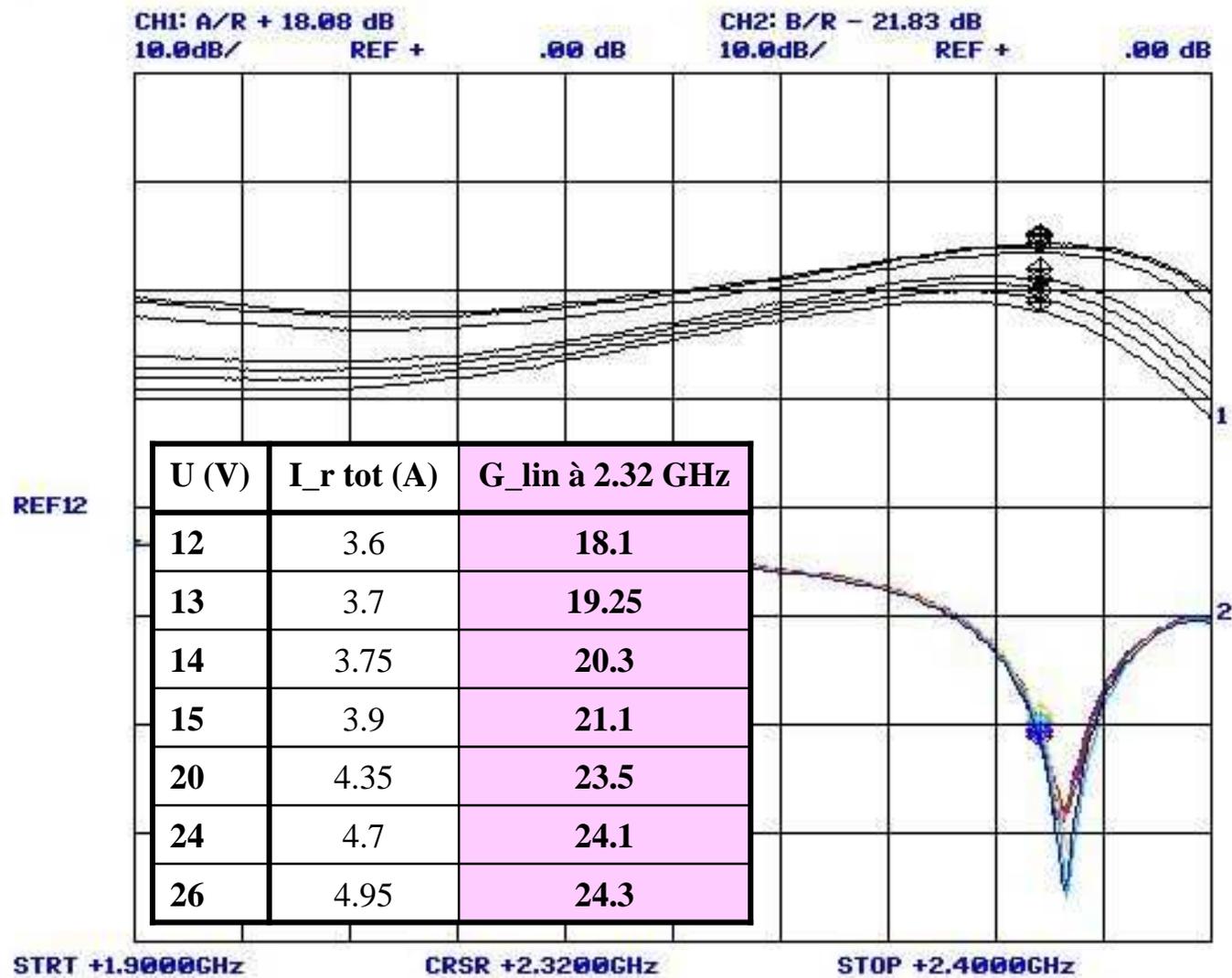
Un grand merci à F6CXO

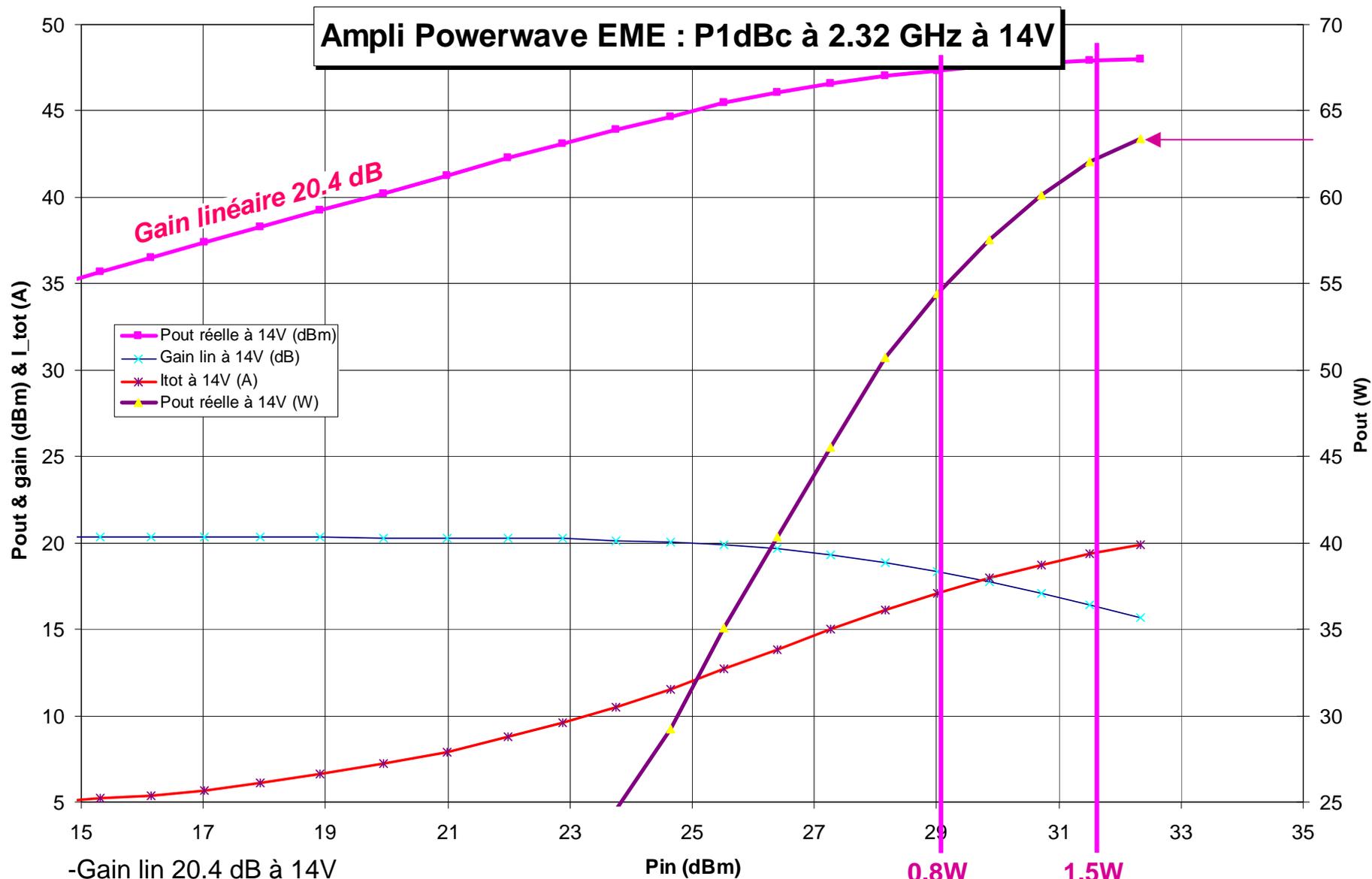
10- Nouvelles mesures après dernières modifications

Mesures linéaires au scalaire

Gain linéaire après dernières modifications

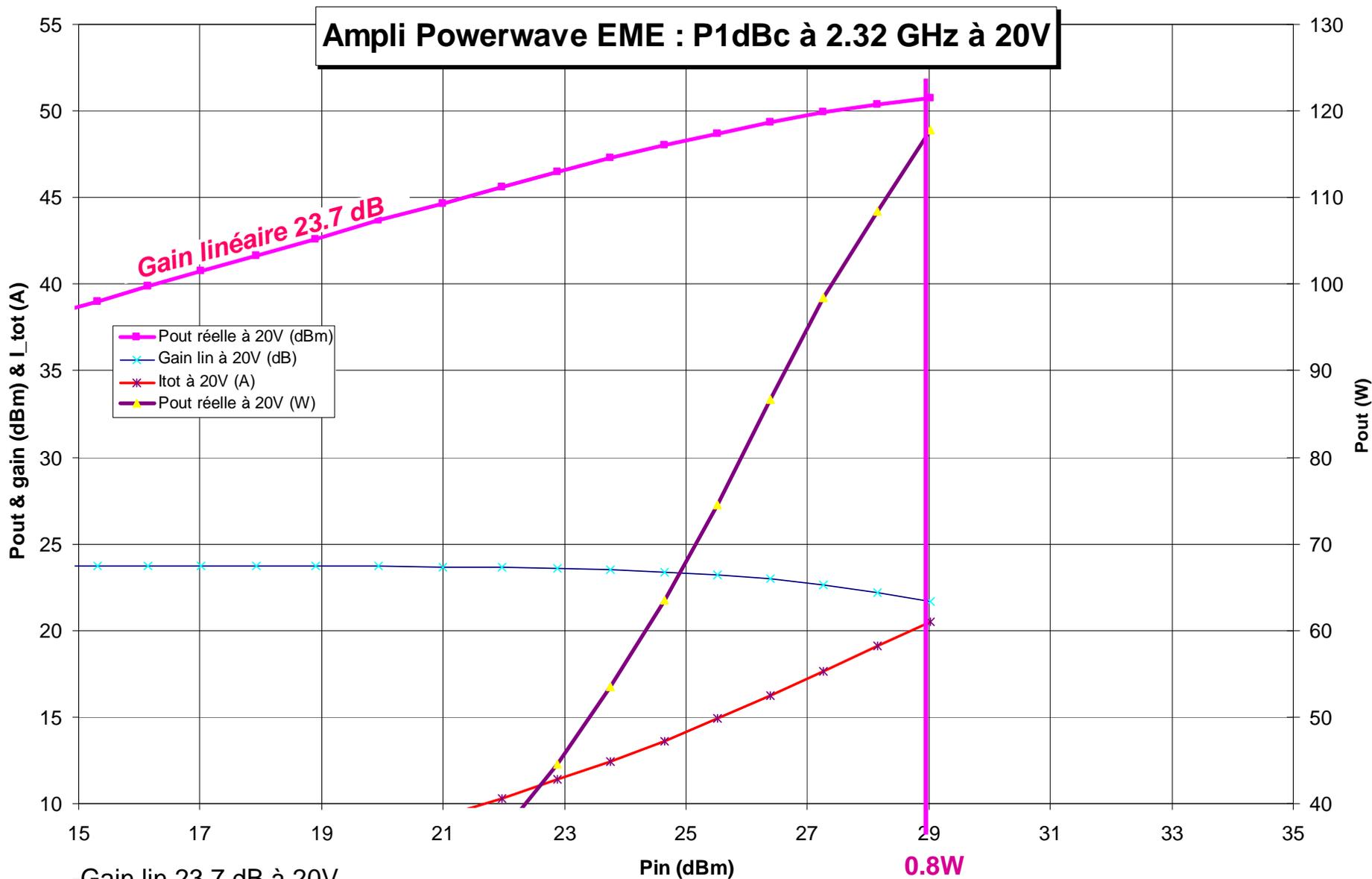
Ampli Powerwave EME de 12 a 26V





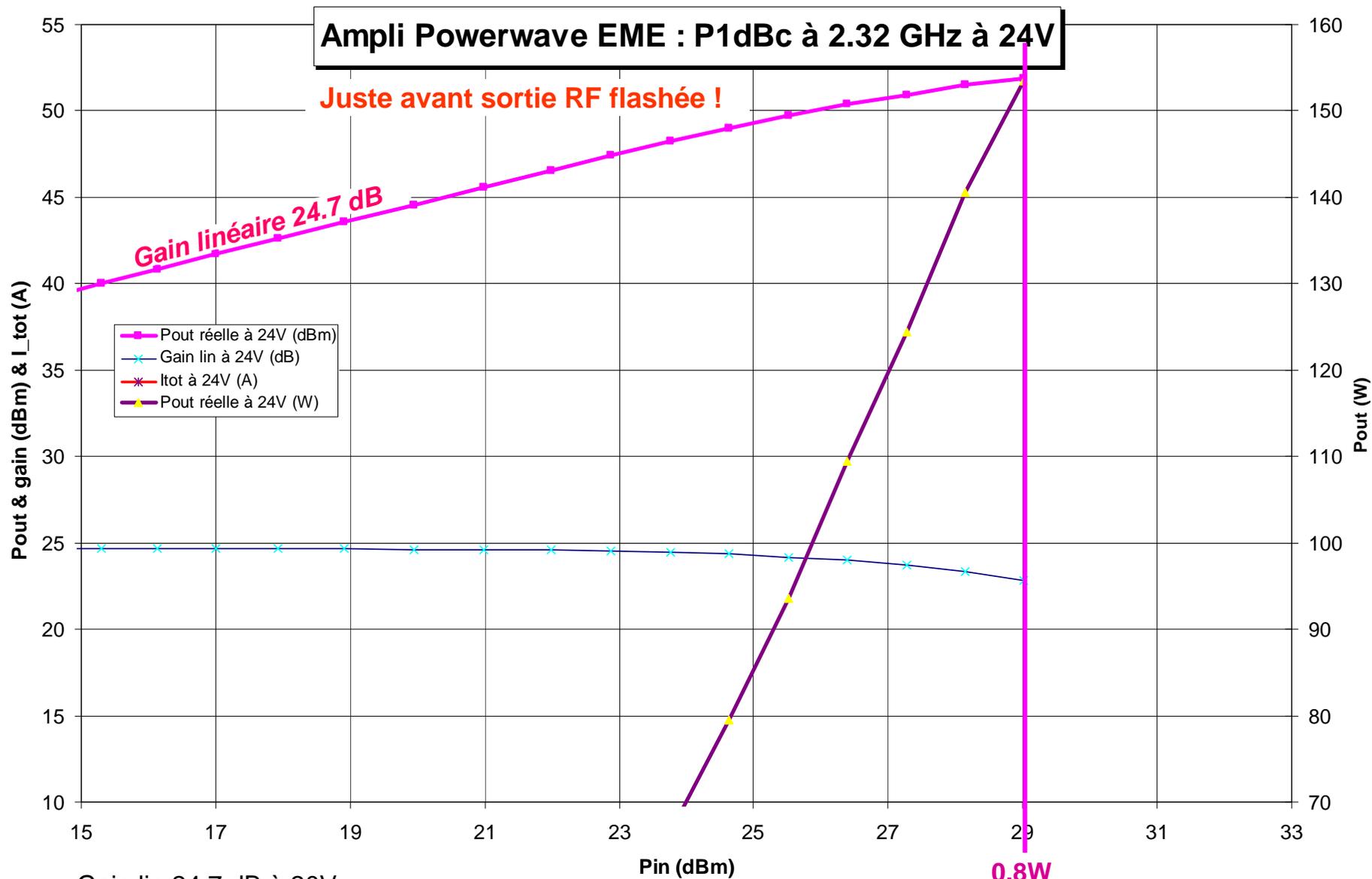
- Gain lin 20.4 dB à 14V
- P1dBc = 46.6 dBm = 45.5W et I=15A
- P2dBc = 47.4 dBm = 54.5W et I= 17.1A
- P3dBc = 47.8 dBm = 60W et I= 18.5 A
- P4dBc = 47.9 dBm = 62W et I= 19.4 A

Alimentation utilisée : 5à15V, I_{max} 30A



-Gain lin 23.7 dB à 20V
 -P1dBc = 49.93 dBm = 98.4W et I= 17.1A
 -P2dBc = 50.7 dBm = 118W et I= 20.5 A
 -P3dBc = non tenté !

Alimentation utilisée : Fontaine BDV 2U
 24V, I_{max} 40A



-Gain lin 24.7 dB à 20V
 -P1dBc = 51 dBm = 124.54W
 -P2dBc = 51.9 dBm = 153.5W
 -P3dBc = mort avant !

Alimentation utilisée : Fontaine BDV 2U
 24V, I_{max} 40A

Flash en sortie du coupleur 250W !

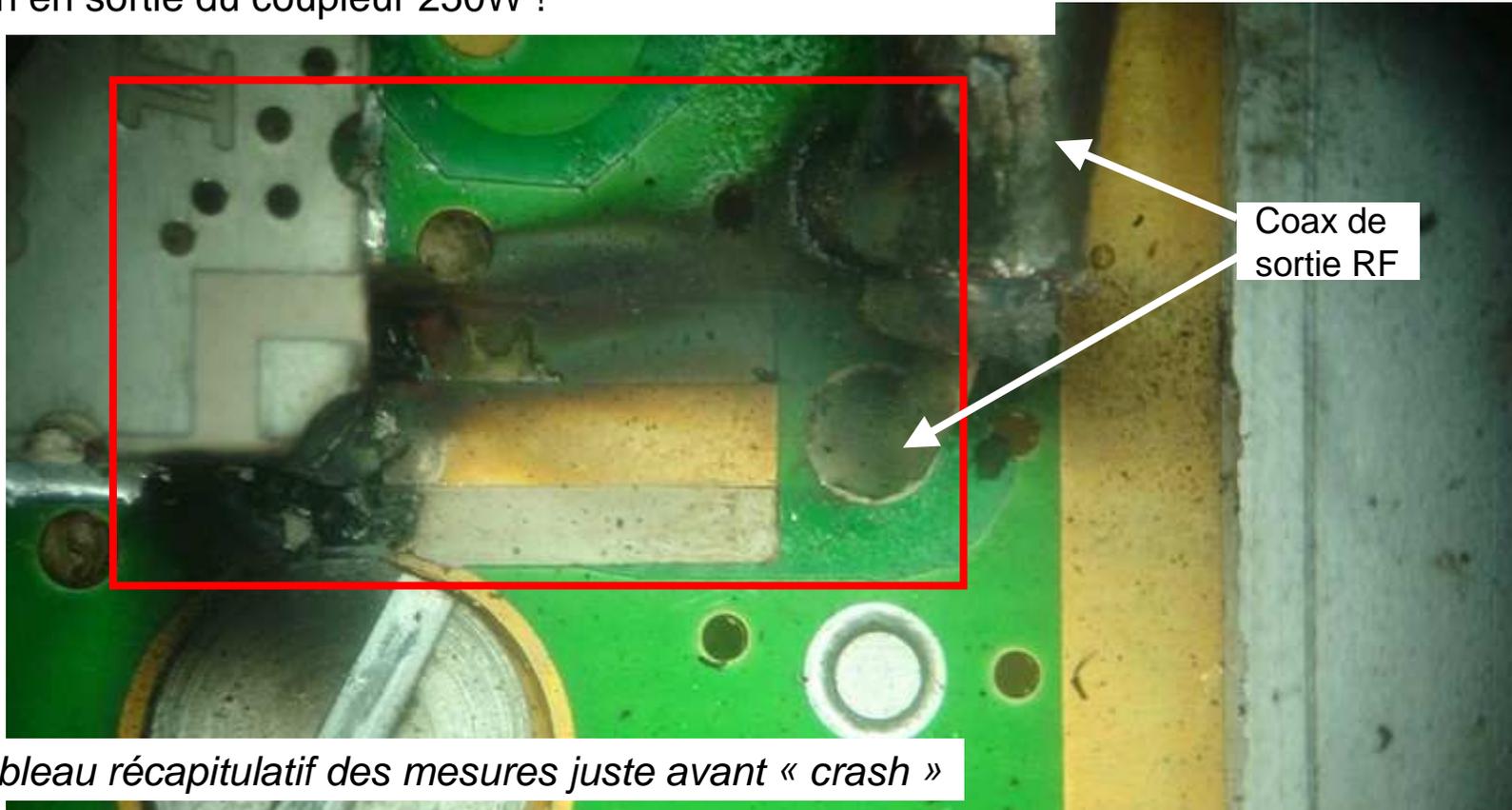


Tableau récapitulatif des mesures juste avant « crash »

Tension (V)	Gain lin (dB)	P1dBc (dBm)	P1dBc (W)	I_ ass (A)	P2dBc (dBm)	P2dBc (W)	I_ ass (A)	P3dBc (dBm)	P3dBc (W)	I_ ass (A)
14	20.4	46.6	45.7	15	47.4	55	17.1	47.8	60.2	18.5
20	23.7	49.9	97.7	17.1	50.7	117.5	20.5	?		
24	24.7	51	125.9	?	51.9	155	?	mort		

11- 2ème réparation par F6CIS et F5BQP

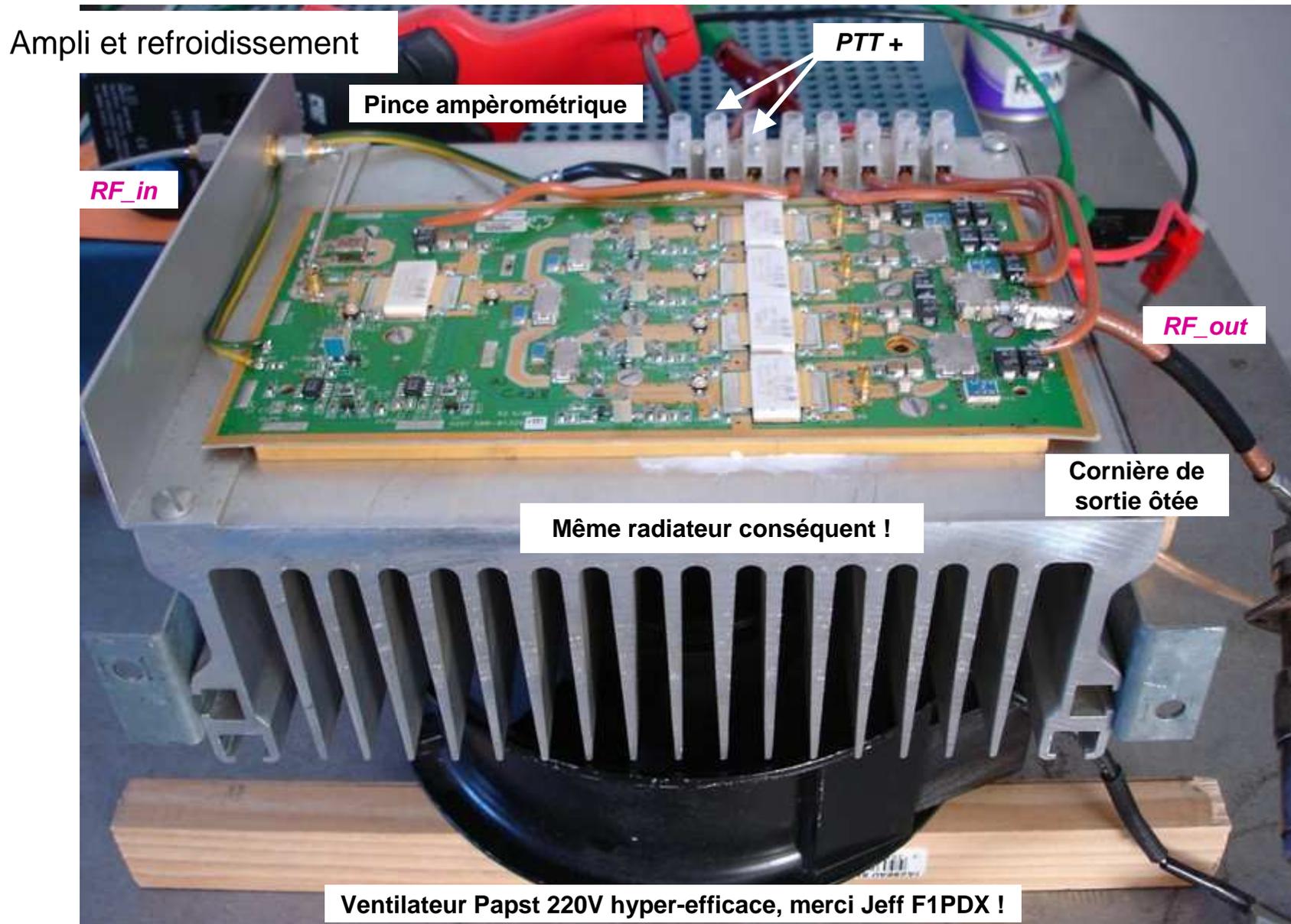
Coupleur de sortie rechangé, avec âme du câble coax directement à sa sortie

Coupleur de sortie
changé de nouveau



Nouveau coax de sortie RF sérieux, après
grattage complet de la ligne imprimée initiale

Merci à Sylvain F6CIS et Pierre-François F5BQP

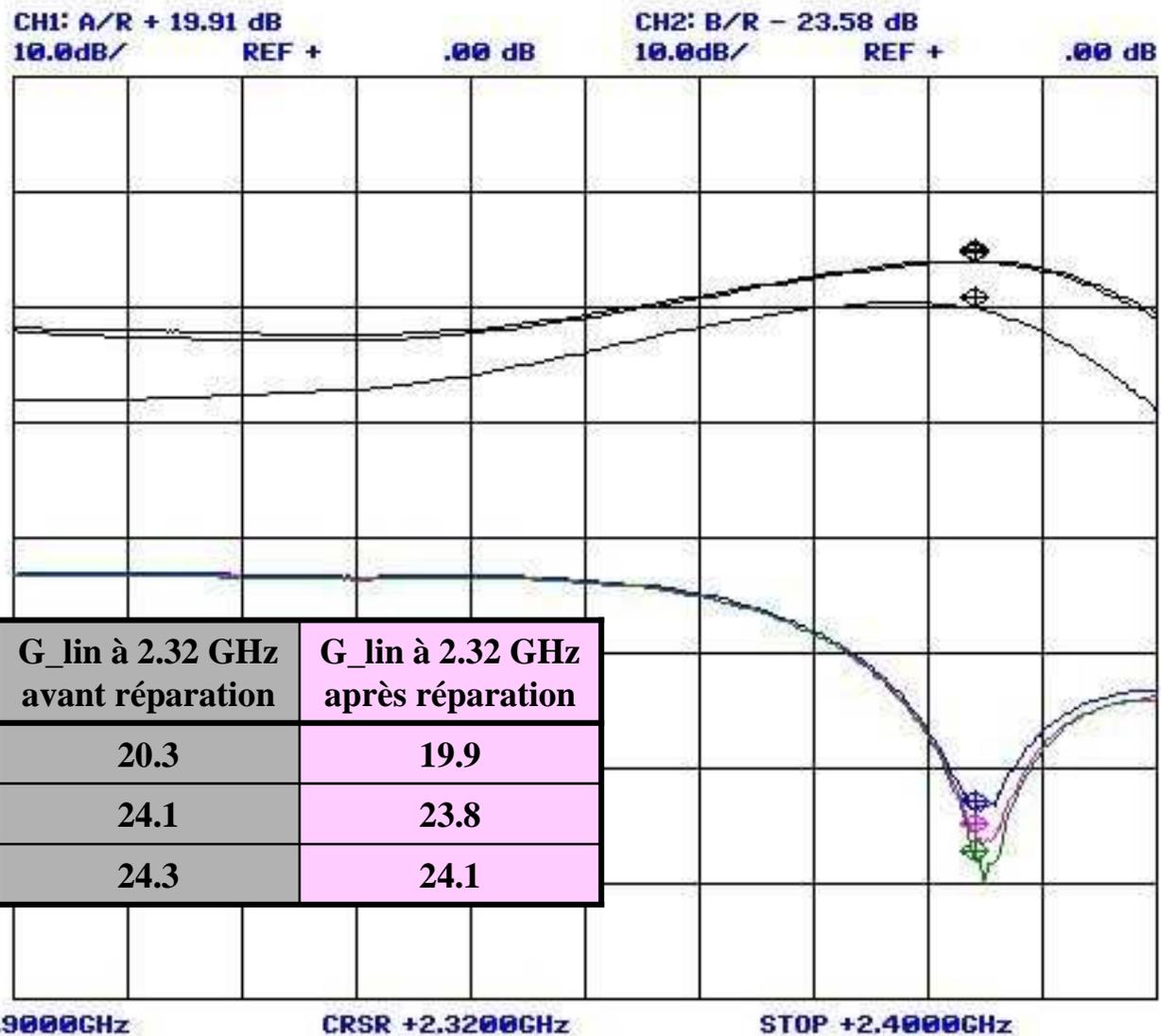


Ensemble de mesure de puissance



Mesures linéaires au scalaire

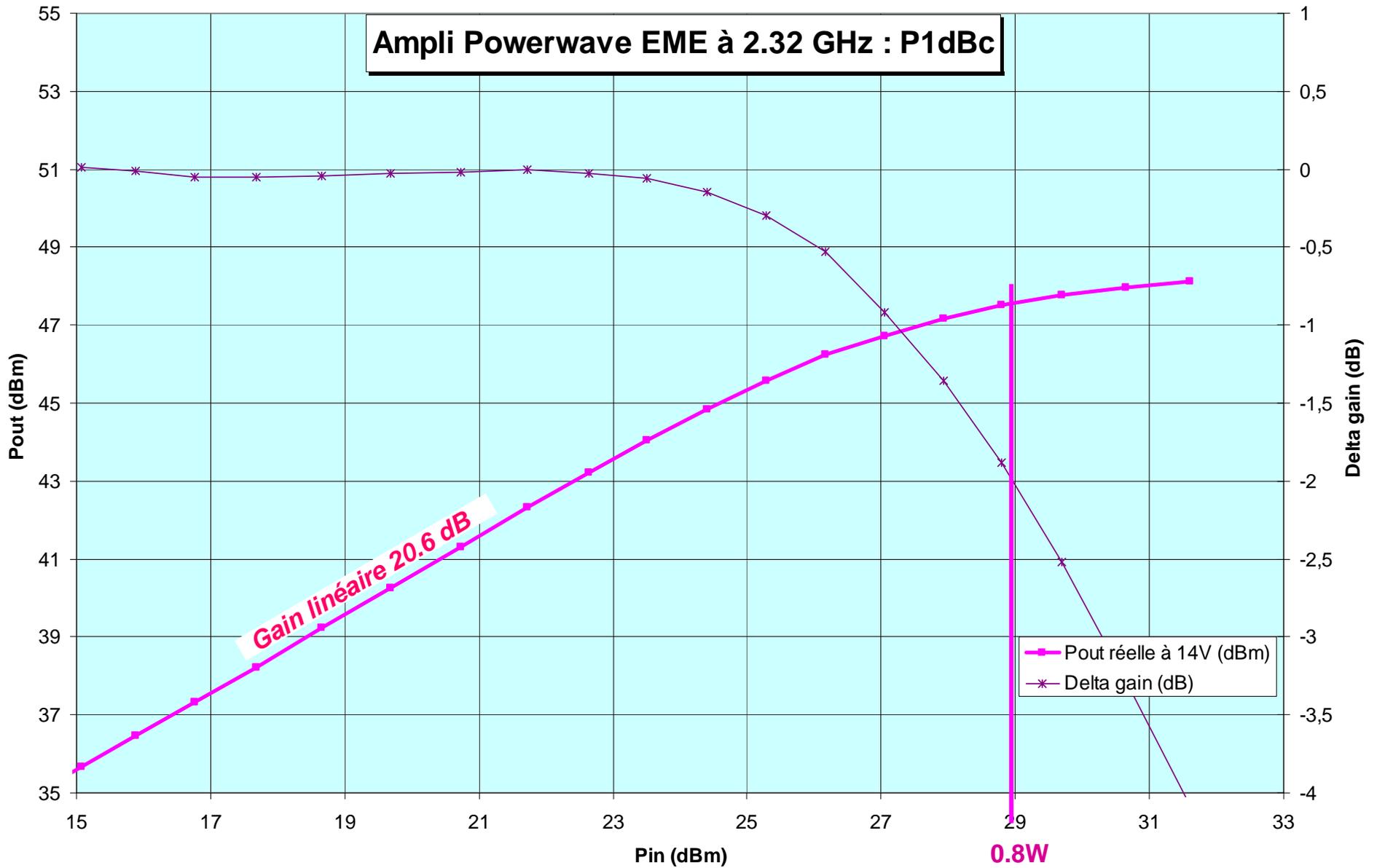
Gain linéaire après 2ème réparation à 14, 24 et 26V

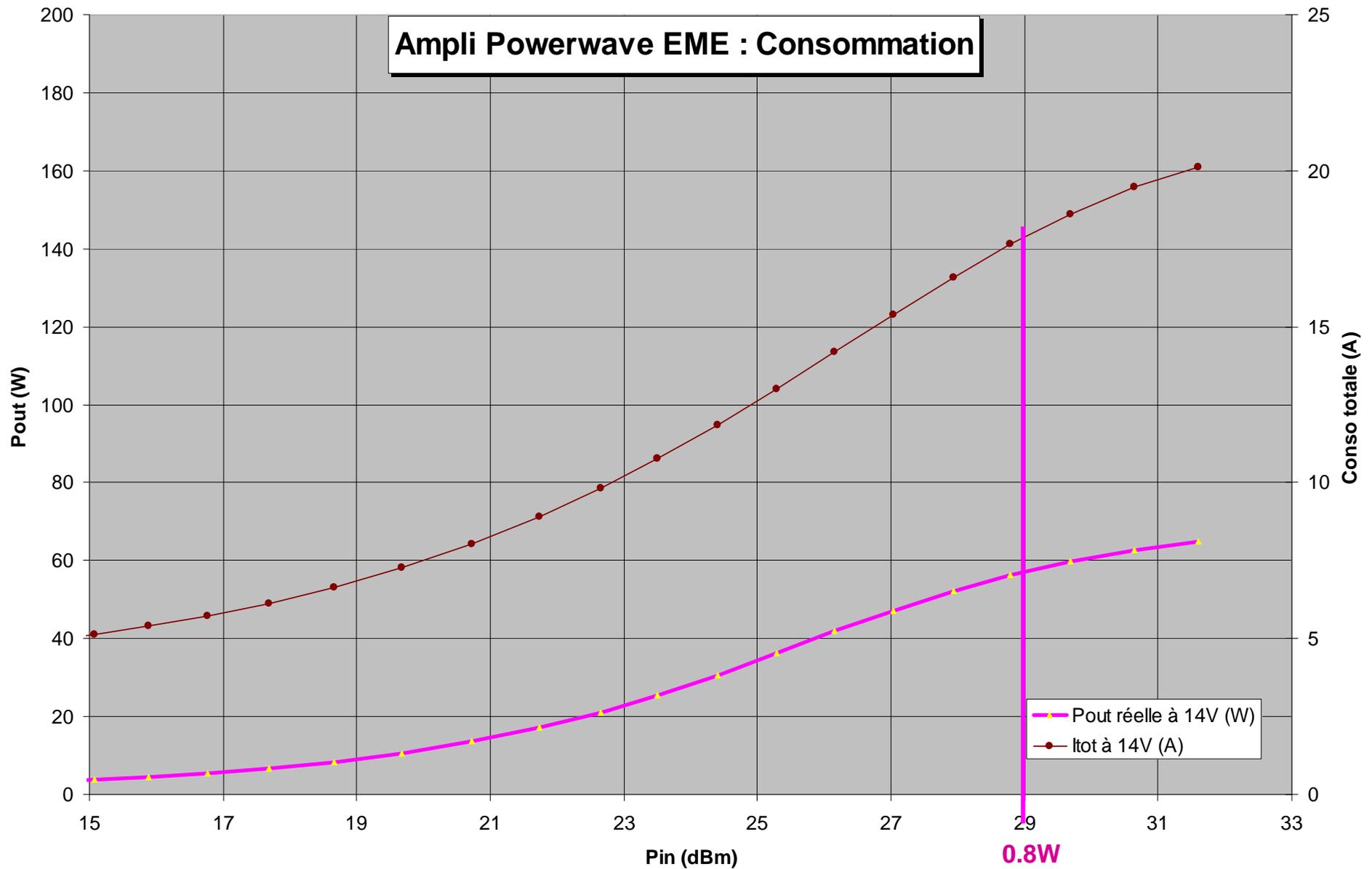


U (V)	I_r tot (A)	G_lin à 2.32 GHz avant réparation	G_lin à 2.32 GHz après réparation
14	3.75	20.3	19.9
24	4.7	24.1	23.8
26	4.95	24.3	24.1

Mesures à U=14V

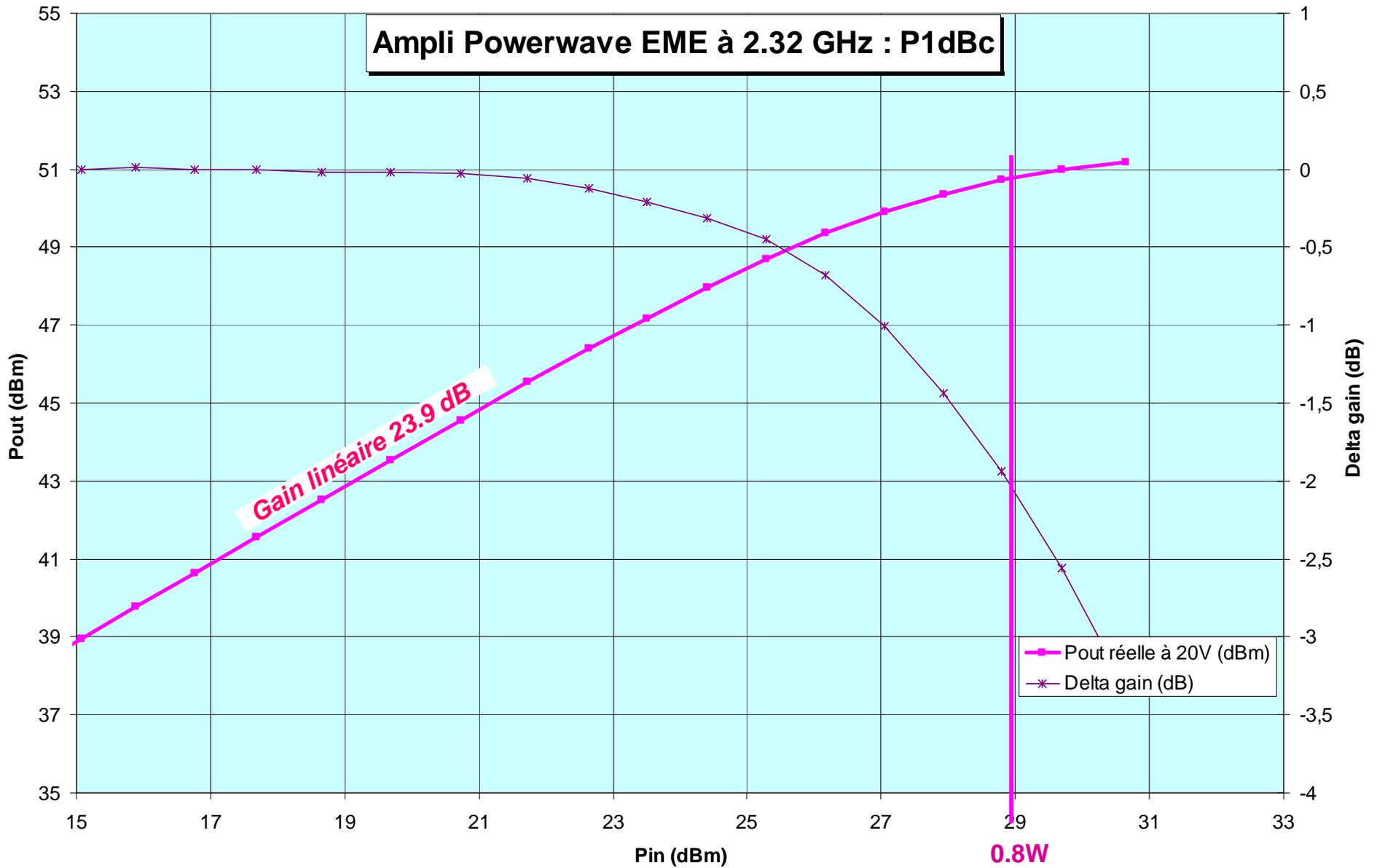
Pin sweep (dBm)	Pin (dBm)	Pout lue à 14V (dBm)	Pout réelle à 14V (dBm)	Pout réelle à 14V (W)	Gain lin à 14V (dB)	Delta gain (dB)	Itot à 14V (A)
							3,88
-2	14,31	-10,83	34,91	3,1	20,6		4,92
-1	15,07	-10,06	35,68	3,7	20,6	0,0	5,13
0	15,89	-9,26	36,48	4,4	20,6	0,0	5,39
1	16,76	-8,43	37,31	5,4	20,6	-0,1	5,72
2	17,68	-7,51	38,23	6,7	20,6	0,0	6,12
3	18,66	-6,52	39,22	8,4	20,6	0,0	6,63
4	19,68	-5,49	40,25	10,6	20,6	0,0	7,26
5	20,73	-4,43	41,31	13,5	20,6	0,0	8,03
6	21,73	-3,41	42,33	17,1	20,6	0,0	8,91
7	22,65	-2,52	43,22	21,0	20,6	0,0	9,81
8	23,51	-1,69	44,05	25,4	20,5	-0,1	10,78
9	24,4	-0,89	44,85	30,5	20,5	-0,1	11,84
10	25,28	-0,16	45,58	36,1	20,3	-0,3	13
11	26,16	0,49	46,23	42,0	20,1	-0,5	14,2
12	27,04	0,98	46,72	47,0	19,7	-0,9	15,4
13	27,93	1,43	47,17	52,1	19,2	-1,4	16,56
14	28,79	1,77	47,51	56,4	18,7	-1,9	17,66
15	29,69	2,03	47,77	59,8	18,1	-2,5	18,62
16	30,65	2,23	47,97	62,7	17,3	-3,3	19,48
17	31,61	2,39	48,13	65,0	16,5	-4,1	20,11

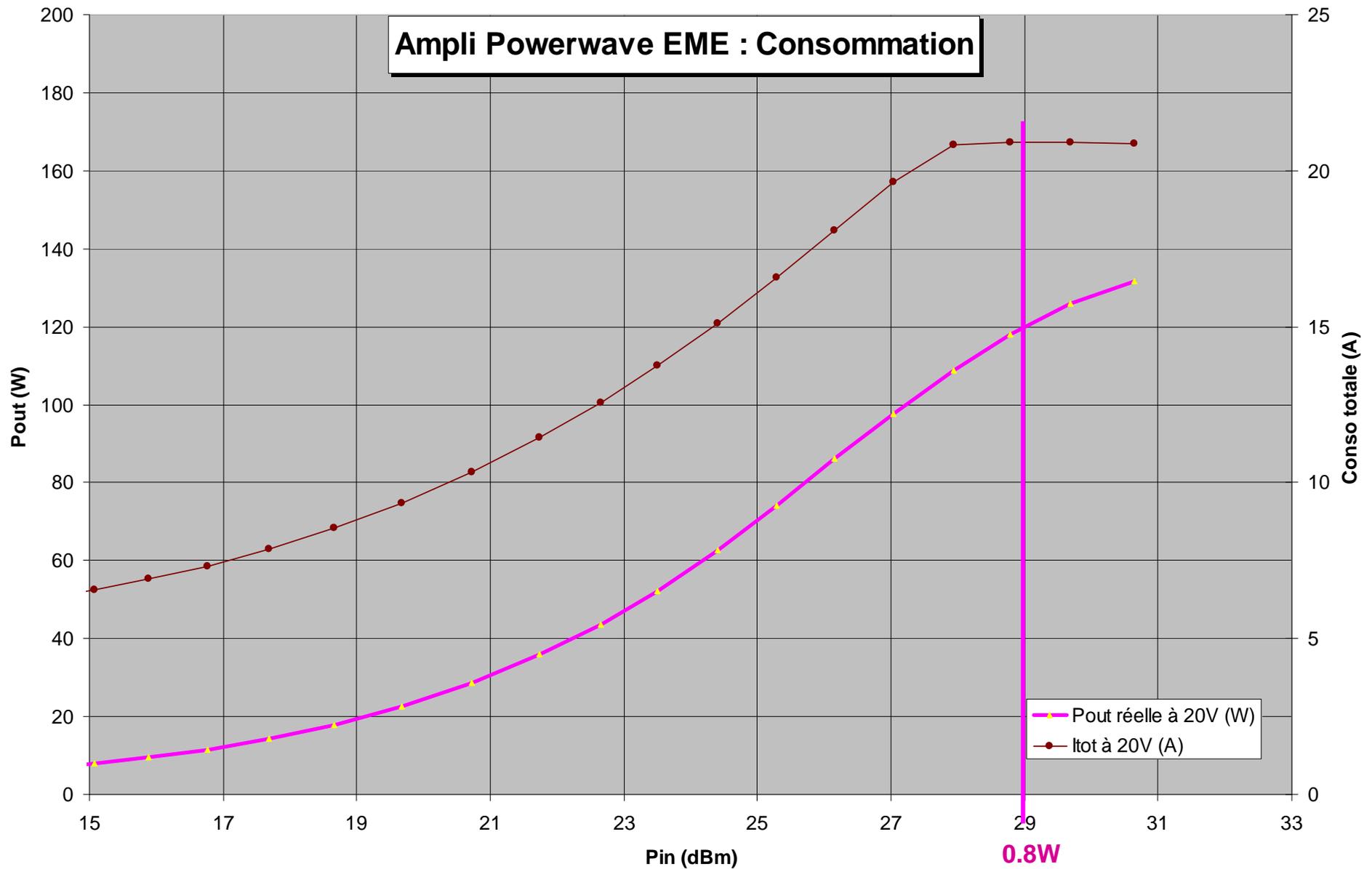




Mesures à U=20V

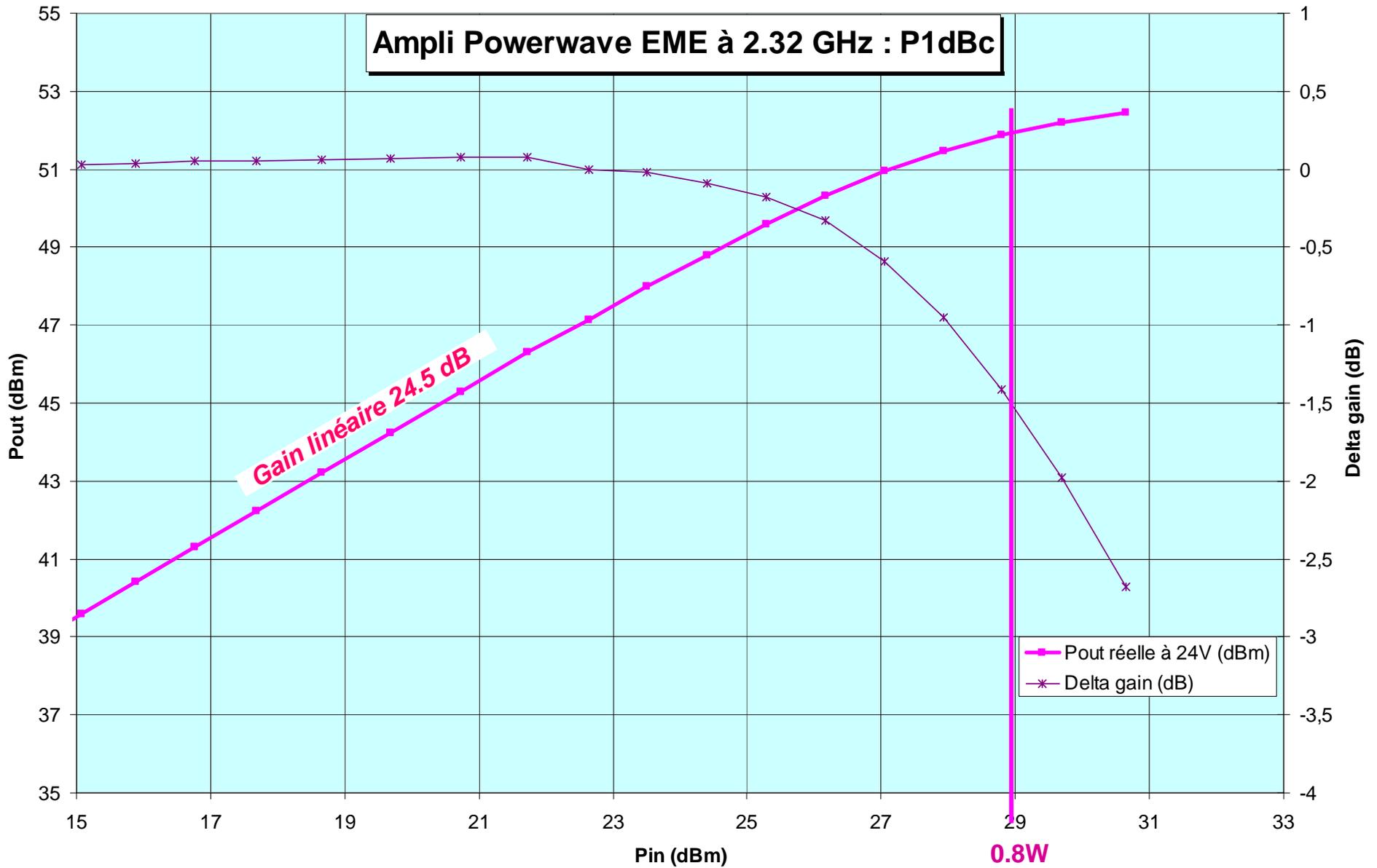
Pin sweep (dBm)	Pin (dBm)	Pout lue à 20V (dBm)	Pout réelle à 20V (dBm)	Pout réelle à 20V (W)	Gain lin à 20V (dB)	Delta gain (dB)	Itot à 20V (A)
							4,79
-2	14,31	-7,56	38,18	6,6	23,9		6,28
-1	15,07	-6,8	38,94	7,8	23,9	0,0	6,56
0	15,89	-5,97	39,77	9,5	23,9	0,0	6,9
1	16,76	-5,11	40,63	11,6	23,9	0,0	7,33
2	17,68	-4,19	41,55	14,3	23,9	0,0	7,86
3	18,66	-3,23	42,51	17,8	23,9	0,0	8,53
4	19,68	-2,21	43,53	22,5	23,9	0,0	9,35
5	20,73	-1,17	44,57	28,6	23,8	0,0	10,35
6	21,73	-0,2	45,54	35,8	23,8	-0,1	11,43
7	22,65	0,66	46,4	43,7	23,8	-0,1	12,56
8	23,51	1,43	47,17	52,1	23,7	-0,2	13,77
9	24,4	2,22	47,96	62,5	23,6	-0,3	15,12
10	25,28	2,96	48,7	74,1	23,4	-0,4	16,57
11	26,16	3,61	49,35	86,1	23,2	-0,7	18,09
12	27,04	4,16	49,9	97,7	22,9	-1,0	19,65
13	27,93	4,62	50,36	108,6	22,4	-1,4	20,81
14	28,79	4,98	50,72	118,0	21,9	-1,9	20,92
15	29,69	5,26	51	125,9	21,3	-2,6	20,9
16	30,65	5,45	51,19	131,5	20,5	-3,3	20,88

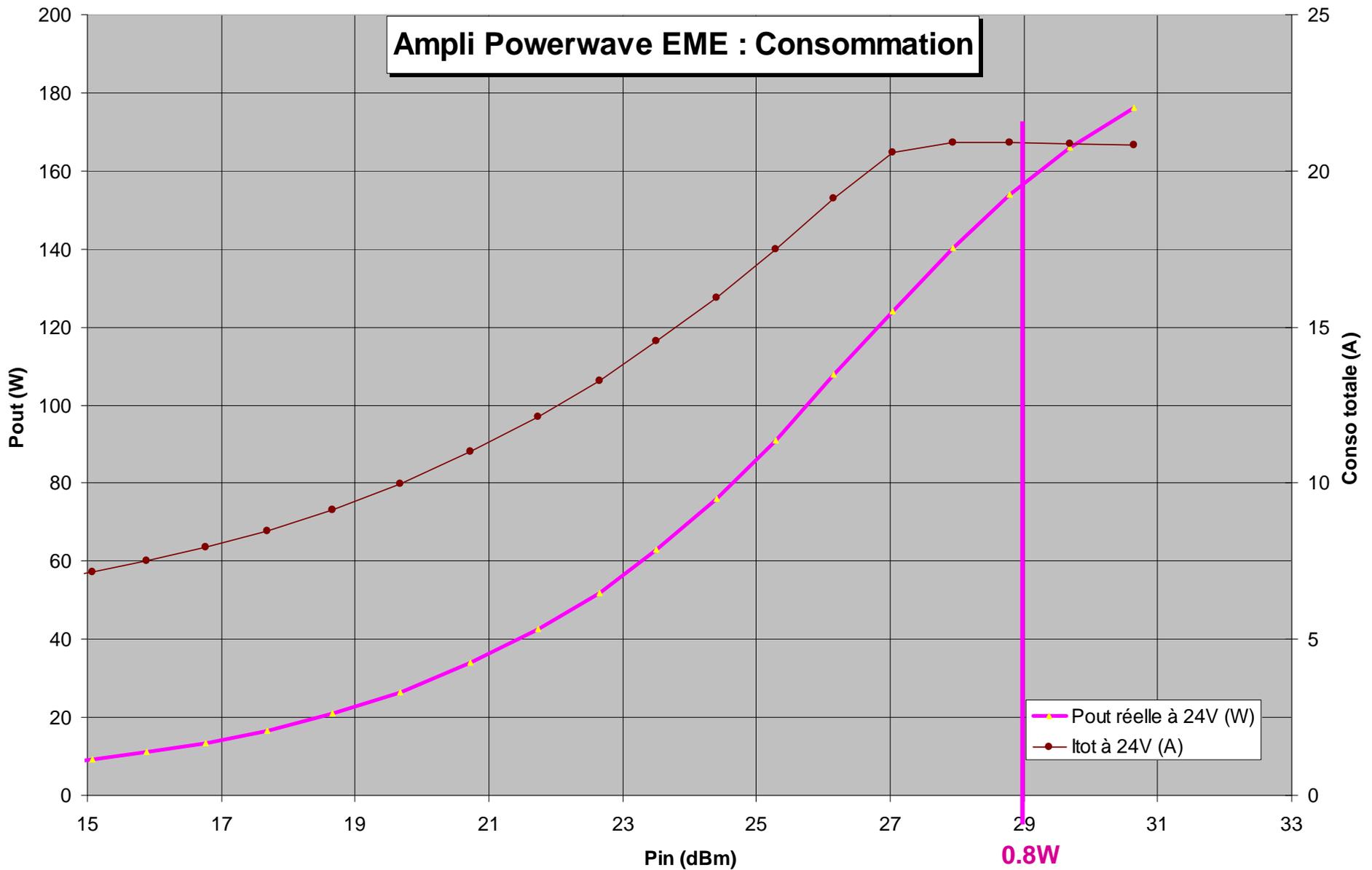




Mesures à U=24V

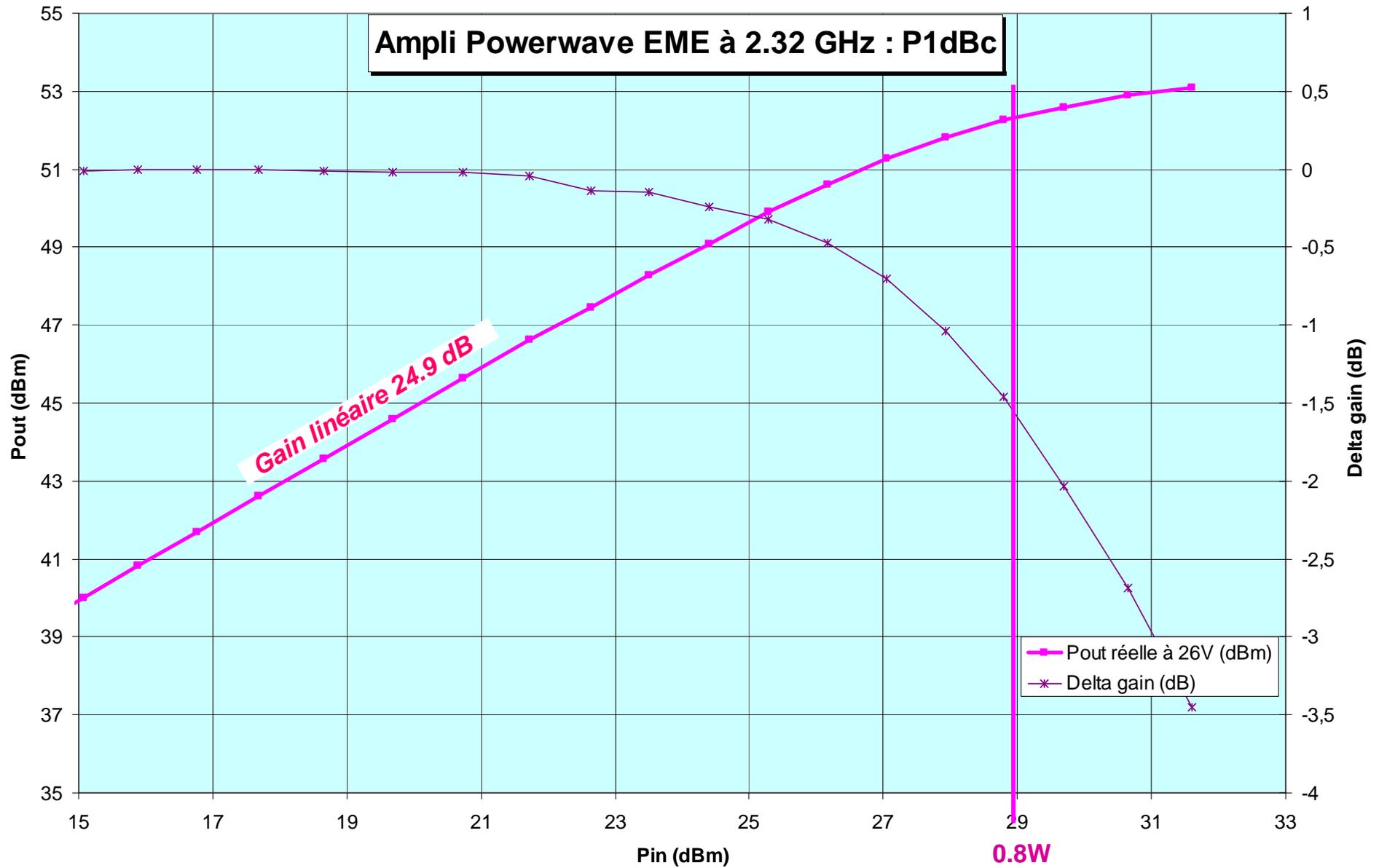
Pin sweep (dBm)	Pin (dBm)	Pout lue à 24V (dBm)	Pout réelle à 24V (dBm)	Pout réelle à 24V (W)	Gain lin à 24V (dB)	Delta gain (dB)	Itot à 24V (A)
							5,08
-2	14,31	-6,94	38,8	7,6	24,5		6,87
-1	15,07	-6,15	39,59	9,1	24,5	0,0	7,15
0	15,89	-5,32	40,42	11,0	24,5	0,0	7,5
1	16,76	-4,44	41,3	13,5	24,5	0,1	7,93
2	17,68	-3,52	42,22	16,7	24,5	0,0	8,47
3	18,66	-2,53	43,21	20,9	24,6	0,1	9,15
4	19,68	-1,5	44,24	26,5	24,6	0,1	9,99
5	20,73	-0,44	45,3	33,9	24,6	0,1	11,01
6	21,73	0,56	46,3	42,7	24,6	0,1	12,13
7	22,65	1,4	47,14	51,8	24,5	0,0	13,28
8	23,51	2,24	47,98	62,8	24,5	0,0	14,53
9	24,4	3,06	48,8	75,9	24,4	-0,1	15,93
10	25,28	3,85	49,59	91,0	24,3	-0,2	17,47
11	26,16	4,58	50,32	107,6	24,2	-0,3	19,1
12	27,04	5,2	50,94	124,2	23,9	-0,6	20,59
13	27,93	5,73	51,47	140,3	23,5	-1,0	20,91
14	28,79	6,13	51,87	153,8	23,1	-1,4	20,89
15	29,69	6,46	52,2	166,0	22,5	-2,0	20,86
16	30,65	6,72	52,46	176,2	21,8	-2,7	20,84

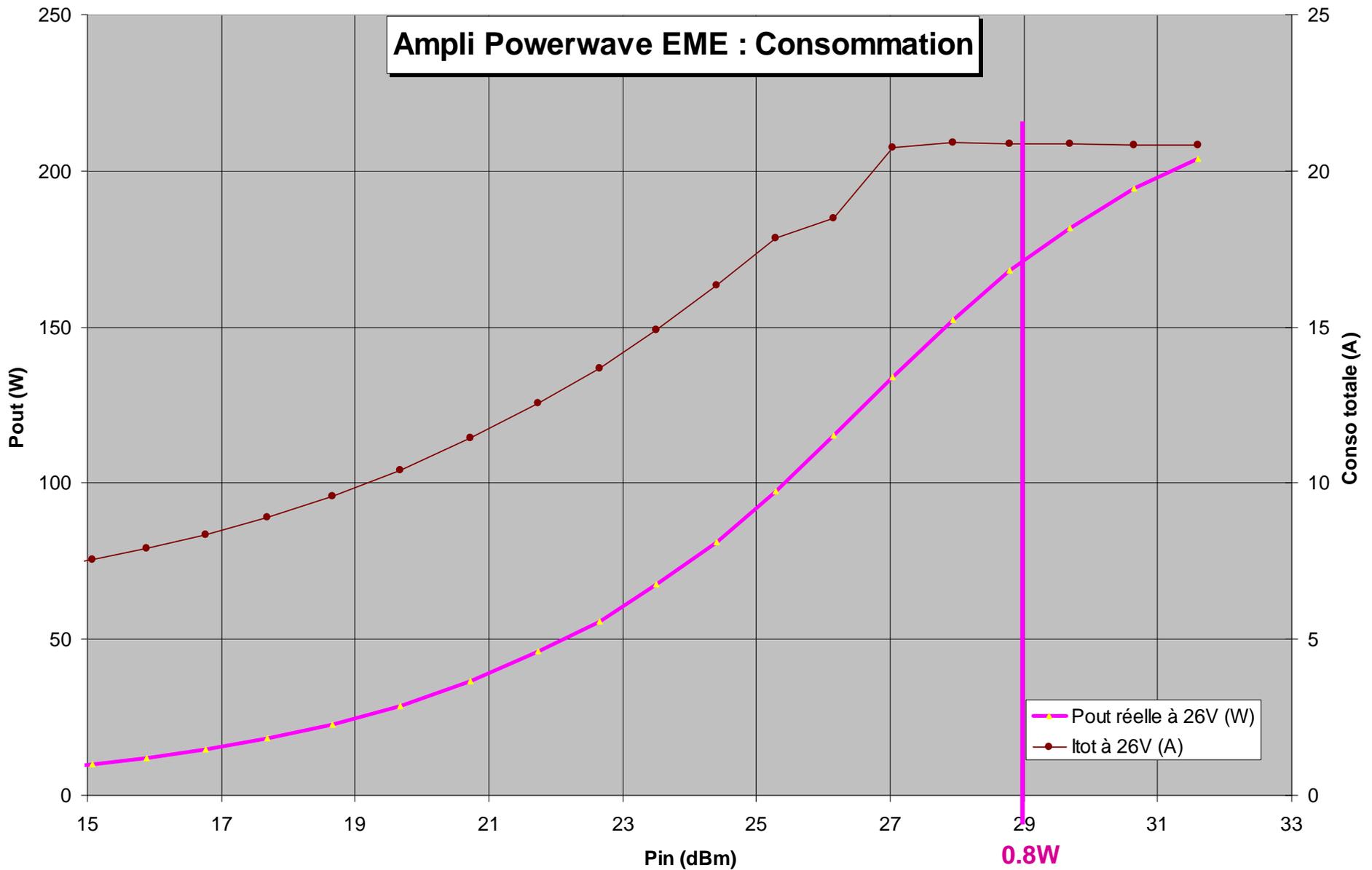




Mesures à U=26V

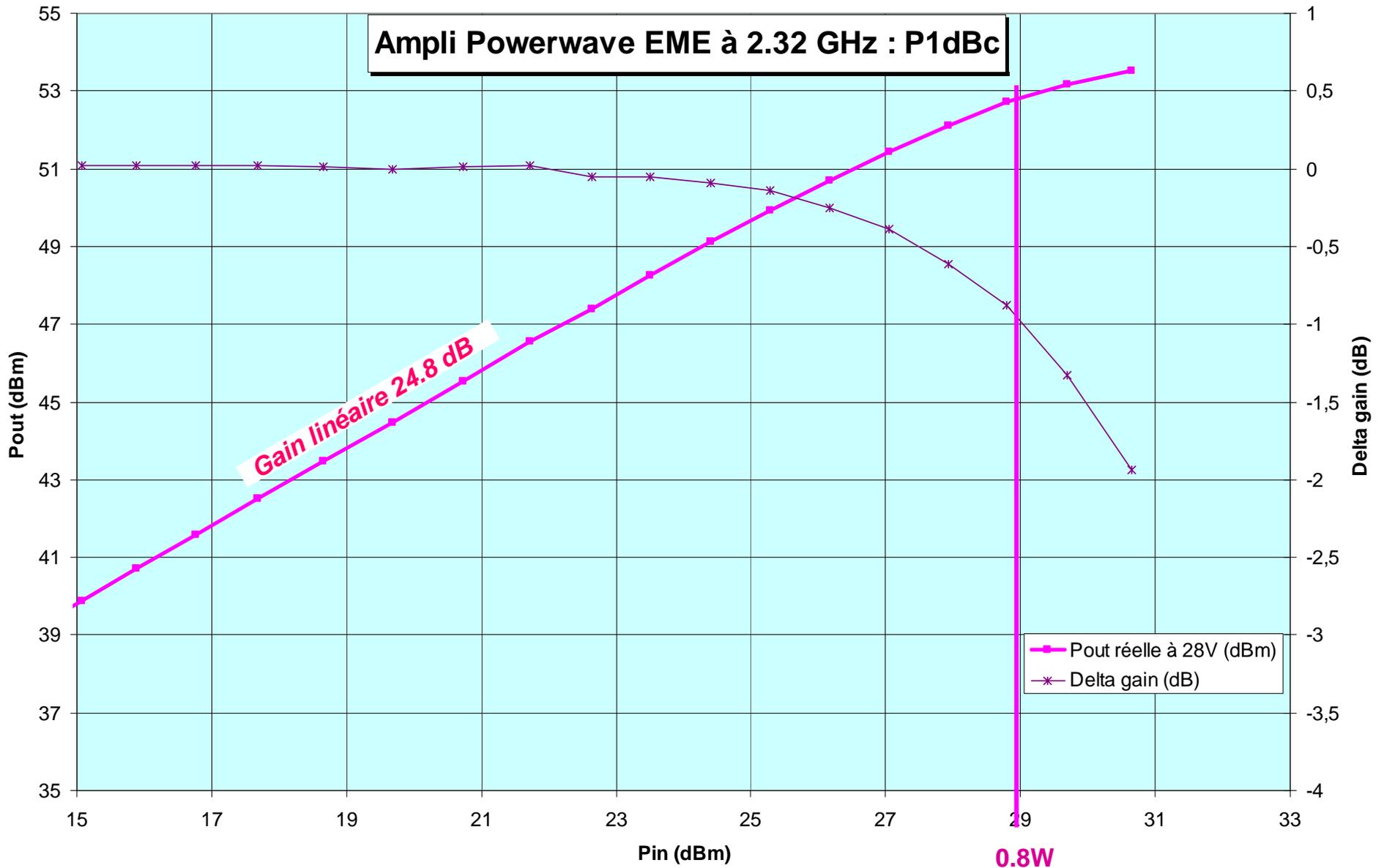
Pin sweep (dBm)	Pin (dBm)	Pout lue à 26V (dBm)	Pout réelle à 26V (dBm)	Pout réelle à 26V (W)	Gain lin à 26V (dB)	Delta gain (dB)	Itot à 26V (A)
							5,77
-2	14,31	-6,5	39,24	8,4	24,9		7,28
-1	15,07	-5,75	39,99	10,0	24,9	0,0	7,57
0	15,89	-4,92	40,82	12,1	24,9	0,0	7,92
1	16,76	-4,05	41,69	14,8	24,9	0,0	8,36
2	17,68	-3,13	42,61	18,2	24,9	0,0	8,9
3	18,66	-2,16	43,58	22,8	24,9	0,0	9,58
4	19,68	-1,15	44,59	28,8	24,9	0,0	10,43
5	20,73	-0,1	45,64	36,6	24,9	0,0	11,43
6	21,73	0,88	46,62	45,9	24,9	0,0	12,54
7	22,65	1,7	47,44	55,5	24,8	-0,1	13,68
8	23,51	2,55	48,29	67,5	24,8	-0,2	14,92
9	24,4	3,35	49,09	81,1	24,7	-0,2	16,32
10	25,28	4,15	49,89	97,5	24,6	-0,3	17,84
11	26,16	4,88	50,62	115,3	24,5	-0,5	18,47
12	27,04	5,53	51,27	134,0	24,2	-0,7	20,76
13	27,93	6,08	51,82	152,1	23,9	-1,0	20,9
14	28,79	6,52	52,26	168,3	23,5	-1,5	20,88
15	29,69	6,85	52,59	181,6	22,9	-2,0	20,85
16	30,65	7,15	52,89	194,5	22,2	-2,7	20,82
17	31,61	7,35	53,09	203,7	21,5	-3,5	20,81

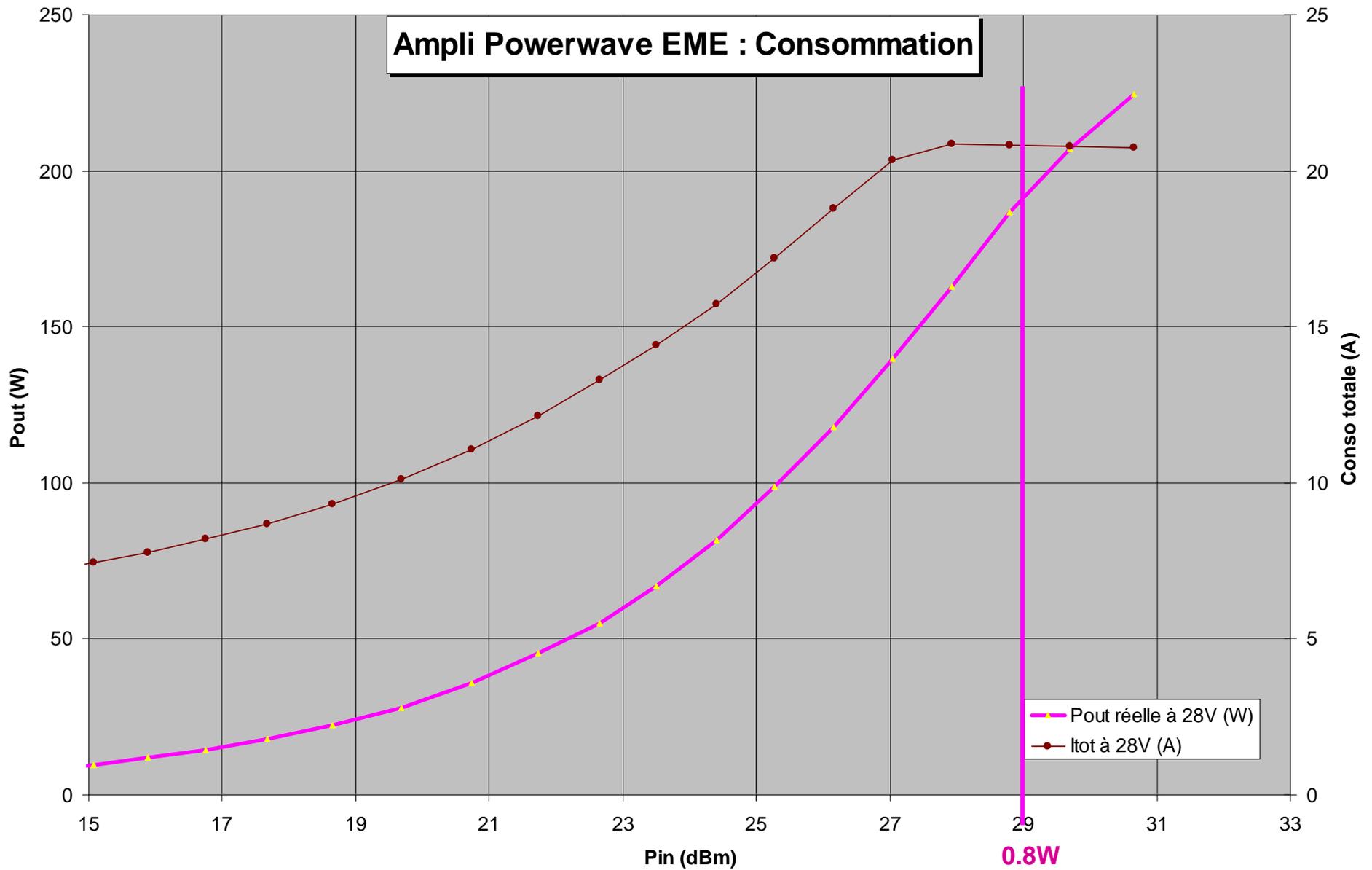




Mesures à U=28V

Pin sweep (dBm)	Pin (dBm)	Pout lue à 28V (dBm)	Pout réelle à 28V (dBm)	Pout réelle à 28V (W)	Gain lin à 28V (dB)	Delta gain (dB)	Itot à 28V (A)
							5,77
-2	14,31	-6,63	39,11	8,1	24,8		7,18
-1	15,07	-5,85	39,89	9,7	24,8	0,0	7,45
0	15,89	-5,03	40,71	11,8	24,8	0,0	7,78
1	16,76	-4,16	41,58	14,4	24,8	0,0	8,19
2	17,68	-3,24	42,5	17,8	24,8	0,0	8,69
3	18,66	-2,27	43,47	22,2	24,8	0,0	9,32
4	19,68	-1,26	44,48	28,1	24,8	0,0	10,11
5	20,73	-0,2	45,54	35,8	24,8	0,0	11,08
6	21,73	0,81	46,55	45,2	24,8	0,0	12,13
7	22,65	1,66	47,4	55,0	24,8	0,0	13,28
8	23,51	2,52	48,26	67,0	24,8	0,0	14,4
9	24,4	3,37	49,11	81,5	24,7	-0,1	15,72
10	25,28	4,2	49,94	98,6	24,7	-0,1	17,19
11	26,16	4,97	50,71	117,8	24,6	-0,2	18,78
12	27,04	5,71	51,45	139,6	24,4	-0,4	20,35
13	27,93	6,38	52,12	162,9	24,2	-0,6	20,84
14	28,79	6,97	52,71	186,6	23,9	-0,9	20,81
15	29,69	7,42	53,16	207,0	23,5	-1,3	20,78
16	30,65	7,77	53,51	224,4	22,9	-1,9	20,76





12- Conclusion finale

Conclusion finale

Tableau récapitulatif final des mesures

L_câbles DC=0.30M

Tension (V)	Gain lin (dB)	P1dBc (dBm)	P1dBc (W)	I_ass (A)	P2dBc (dBm)	P2dBc (W)	I_ass (A)	P3dBc (dBm)	P3dBc (W)	I_ass (A)
14	20.6	46.7	46.7	15.4	47.5	56.2	17.7	47.8	60.2	21.9
20	23.9	49.9	97.7	19.65	50.8	120.2	20.9	51.2	131.8	20.9
24	24.5	51.5	141.2	20.9	52.2	166	20.86	?		
26	24.9	51.82	152	20.9	52.6	182	20.85	53	199.5	20.81
28	24.8	52.8	190	20.81	53.5	224	20.76	?		

- Le cap fatidique des **200W out** a enfin été dépassé, mais sous une tension impérative de **28V DC** (merci Sylvain) : P1dBc=190W et P2dBc=224W
- Gain linéaire maximal obtenu à 24 Volt
- Limitation d'intensité vers 21 Ampères encore incomprise (saturation ou autre ?)

Conclusion finale - bibliographie

J'adresse mes sincères remerciements à :

- Jacques F6AJW propriétaire de l'ampli
- F6AQO pour son petit Powerwave « driver de sweep »
- Sylvain F6CIS, Pierre-François F5BQP pour deux substitutions du coupleur final
- F6CXO pour les 4 capas 12 pF CMS ATC100b en sortie des 4 LDMOS
- F1PDX et F1BCS pour le prêt d'une l'alime QRO 30V, 40A Omega et Fontaine
- F6EVT pour le prêt d'une charge Thermaline 8329 de 2kW avec atténuateur de 30 dB incorporé : son S11 est encore 18 dB à 2.32 GHz

Bibliographie :

Ampli par Sylvain Klingebiel F6CIS : « Modifications des PA 60W (1 + 4 *21085S) = 250W output sur 2.3 GHz dans la revue de l'Anta