



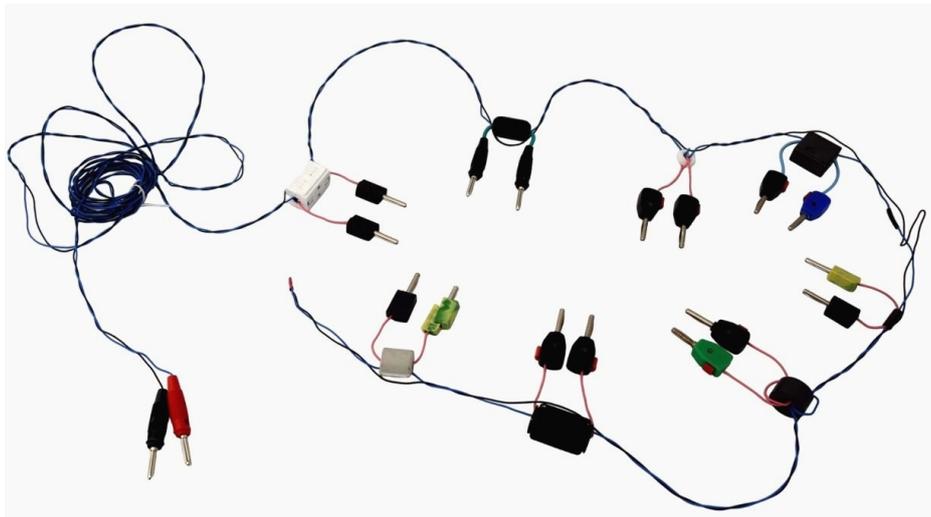
PROJET ModulAM

Modulateur AM
8 fréquences

Tore ferrite de couplage RF

Rapport de test

v1.1 – 2025-01



Retrouvez et suivez toute l'actualité et les derniers développements du **ModulAM** sur le [site internet](https://modulam.retrotechnique.org/) du projet :

<https://modulam.retrotechnique.org/>

I – Objectif du rapport de test

Consigner les résultats des évaluations des niveaux, pertes d'insertion et rendements de différents types de tore ferrite de couplage entre la ligne de transmission RF du modulateur et les récepteurs de TSF, afin de déterminer au mieux les caractéristiques de transmission des signaux issus des sorties RF du **ModulAM**.

II – Banc de test

Afin d'évaluer objectivement les tores ferrites à tester, le banc de mesure de la figure 1 a été mis en œuvre.

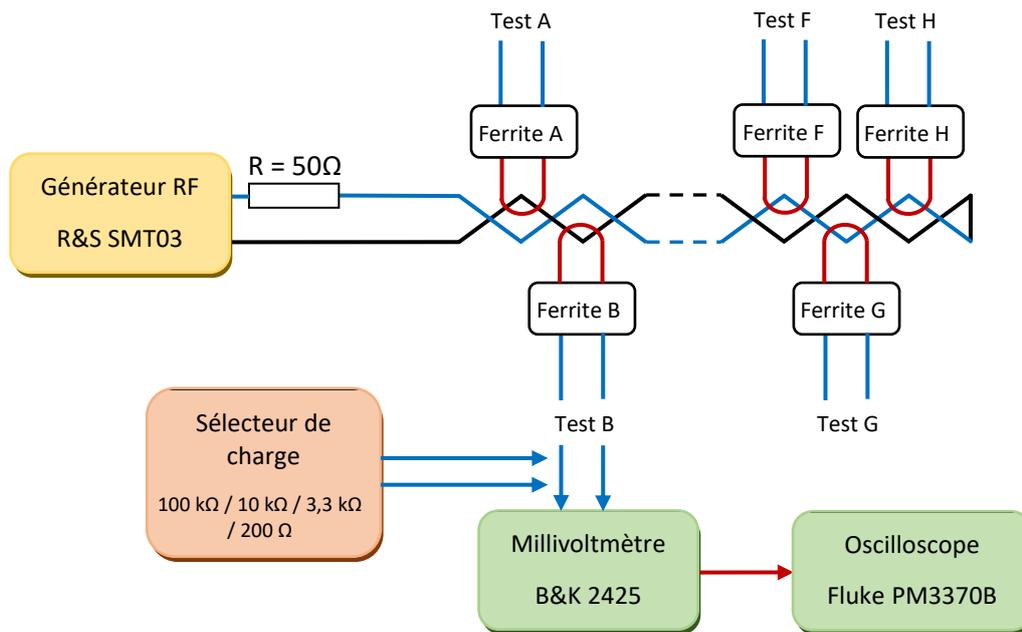


Figure 1 : Synoptique du banc de test des différents types de tore ferrite.

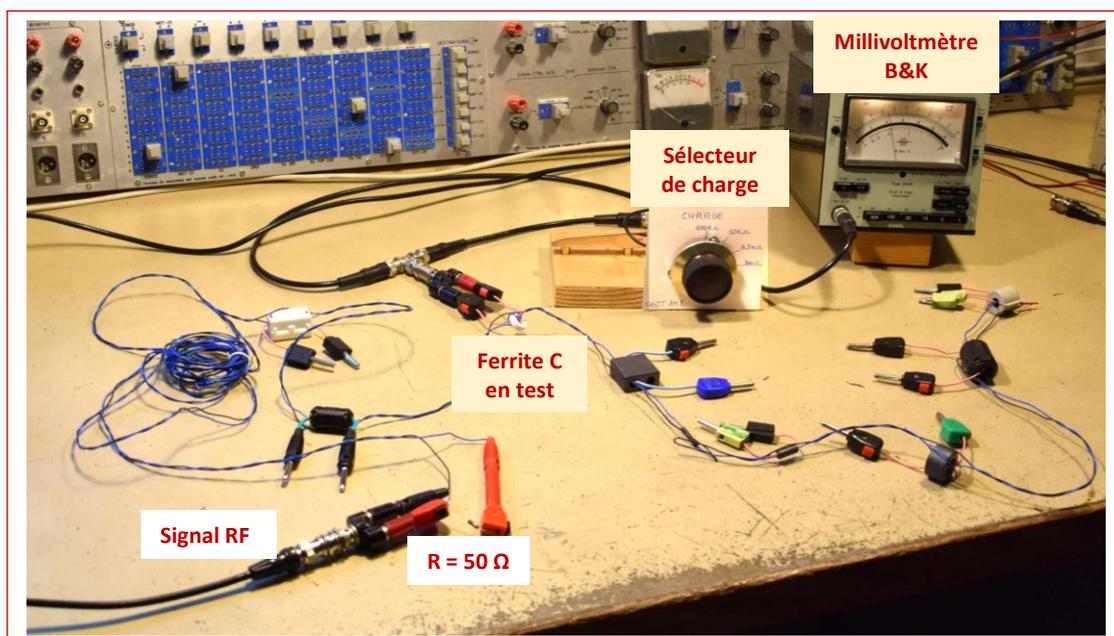
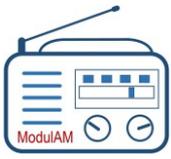


Figure 2 : mise en œuvre du banc de mesure avec les 8 tores ferrites en test.



ModuAM

MODULATEUR AM 8 FREQUENCES

TORE FERRITE DE COUPLAGE – TESTS

DW-2025-01 – v1.1

Étalonnage du banc de test

Le banc de mesure a été calibré afin de déterminer les coefficients de correction à apporter aux résultats des mesures en fonction de la fréquence.

Des relevés ont été effectués avec un signal RF = 20 mV sur 4 fréquences réparties dans la bande considérée.

Coefficients correcteurs pris en compte dans les résultats des mesures, pour une linéarité meilleure que 0,1 dB de 150 kHz à 1,7 MHz :

Pour F = 150 kHz : k = + 0,3 dB

Pour F = 500 kHz : k = + 0 dB

Pour F = 1 MHz : k = + 0 dB

Pour F = 1,7 MHz : k = + 0,65 dB

III – Tores ferrites soumis aux tests

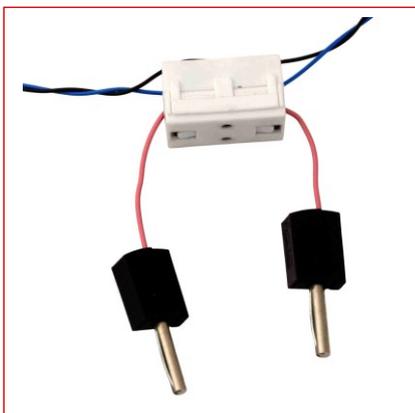
8 tores différents ont été évalués.

Ils sont issus d'un stock personnel et, malheureusement, les caractéristiques électriques de la plupart d'entre eux ne sont pas connues (sauf pour celui du type C).

À droite de la présentation suivante, le tableau indique les tensions efficaces en mV relevées aux bornes de la boucle couplée avec le tore ferrite.

La tension en sortie du générateur RF est constante : 100 mV_{RMS}.

III.1 – Tore ferrite type « A »



Type : à clipser
Longueur : 31 mm
Largeur : 18 mm
Hauteur : 18 mm
Ø int. : 6 mm

R / F	150 kHz	500 kHz	1 MHz	1,7 MHz
100 kΩ	3,0 mV	7,2 mV	9,4 mV	12,3 mV
10 kΩ	3,0 mV	7,2 mV	9,4 mV	12,3 mV
3,3 kΩ	3,0 mV	7,2 mV	9,4 mV	12,3 mV
200 Ω	3,0 mV	7,2 mV	9,4 mV	11,8 mV

Figure 3 : tore ferrite type A.

III.2 – Tore ferrite type « B »

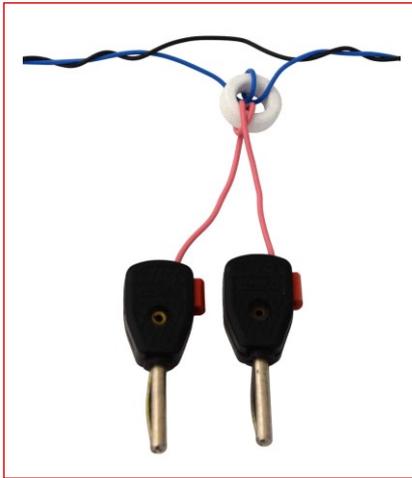


Type : à clipser
Longueur : 30 mm
Ø ext. : 16 mm
Ø int. : 7 mm

R / F	150 kHz	500 kHz	1 MHz	1,7 MHz
100 kΩ	0,28 mV	0,65 mV	0,92 mV	1,48 mV
10 kΩ	0,28 mV	0,65 mV	0,92 mV	1,48 mV
3,3 kΩ	0,28 mV	0,65 mV	0,92 mV	1,48 mV
200 Ω	0,28 mV	0,65 mV	0,92 mV	1,48 mV

Figure 4 : tore ferrite type B.

III.3 – Tore ferrite type « C »



Type : anneau à insérer

Ø ext. : 14,6 mm

Ø int. : 8,2 mm

Épaisseur : 5,5 mm

Marque :

Ferroxcube

Réf. : TN14/9/5 - 3E25

Perméabilité : 6 000

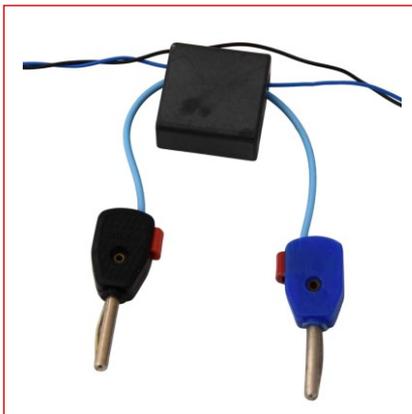
Point : 125°C / Résistivité : 0,5 Ohm

Matériau : Ferrite

R / F	150 kHz	500 kHz	1 MHz	1,7 MHz
100 kΩ	14,0 mV	32,0 mV	32,0 mV	32,0 mV
10 kΩ	14,0 mV	32,0 mV	32,0 mV	32,0 mV
3,3 kΩ	14,0 mV	32,0 mV	32,0 mV	31,8 mV
200 Ω	14,0 mV	30,0 mV	30,0 mV	27,8 mV

Figure 5 : tore ferrite type C.

III.4 – Tore ferrite type « D »



Type : carré à insérer

Longueur : 28,5 mm

Largeur : 29 mm

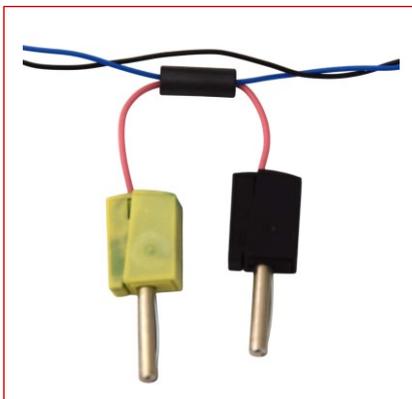
Hauteur : 14,5 mm

Ø inter. : 7 mm

R / F	150 kHz	500 kHz	1 MHz	1,7 MHz
100 kΩ	5,50 mV	12,5 mV	17,0 mV	22,3 mV
10 kΩ	5,50 mV	12,5 mV	17,0 mV	22,3 mV
3,3 kΩ	5,50 mV	12,5 mV	17,0 mV	22,3 mV
200 Ω	5,50 mV	12,5 mV	16,5 mV	21,4 mV

Figure 6 : tore ferrite type D.

III.5 – Tore ferrite type « E »



Type : cylindre à insérer

Longueur : 16 mm

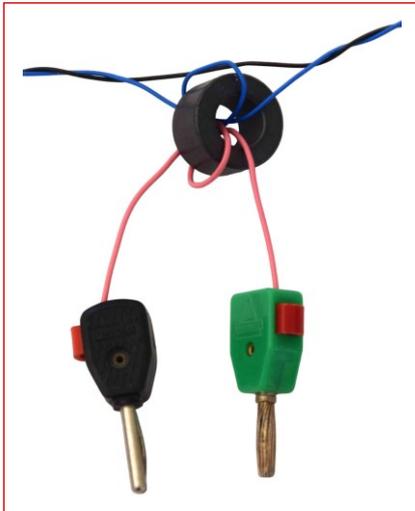
Ø ext. : 6,2 mm

Ø int. : 3,2 mm

R / F	150 kHz	500 kHz	1 MHz	1,7 MHz
100 kΩ	1,25 mV	2,90 mV	4,35 mV	5,83 mV
10 kΩ	1,25 mV	2,90 mV	4,35 mV	5,83 mV
3,3 kΩ	1,25 mV	2,90 mV	4,35 mV	5,83 mV
200 Ω	1,25 mV	2,90 mV	4,35 mV	5,81 mV

Figure 7 : tore ferrite type E.

III.6 – Tore ferrite type « F »



Type : anneau à insérer

Ø ext. : 23,5 mm

Ø int. : 13 mm

Épaisseur : 14 mm

R / F	150 kHz	500 kHz	1 MHz	1,7 MHz
100 kΩ	3,40 mV	8,80 mV	14,0 mV	193 mV
10 kΩ	3,40 mV	8,80 mV	14,0 mV	19,3 mV
3,3 kΩ	3,40 mV	8,80 mV	14,0 mV	19,3 mV
200 Ω	3,40 mV	8,80 mV	14,0 mV	18,1 mV

Figure 8 : tore ferrite type F.

III.7 – Tore ferrite type « G »



Type : à clipser

Longueur : 36 mm

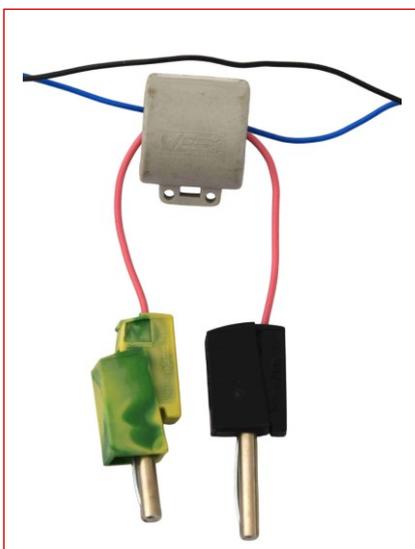
Ø ext. : 25 mm

Ø int. : 13 mm

R / F	150 kHz	500 kHz	1 MHz	1,7 MHz
100 kΩ	0,95 mV	2,45 mV	3,80 mV	5,2 mV
10 kΩ	0,95 mV	2,45 mV	3,80 mV	5,2 mV
3,3 kΩ	0,95 mV	2,45 mV	3,80 mV	5,2 mV
200 Ω	0,95 mV	2,45 mV	3,80 mV	5,2 mV

Figure 9 : tore ferrite type G.

III.8 – Tore ferrite type « H »



Type : à clipser

Longueur : 20 mm

Ø ext. : 21,5 mm

Ø int. : 8 mm

R / F	150 kHz	500 kHz	1 MHz	1,7 MHz
100 kΩ	0,20 mV	0,44 mV	0,66 mV	1,19 mV
10 kΩ	0,20 mV	0,44 mV	0,66 mV	1,19 mV
3,3 kΩ	0,20 mV	0,44 mV	0,66 mV	1,18 mV
200 Ω	0,20 mV	0,44 mV	0,66 mV	1,18 mV

Figure 10 : tore ferrite type H.

III.9 – Réseau de tores ferrites en test

La figure 10 montre le réseau constitué des 8 tores en test.

Le millivoltmètre et le sélecteur de charge sont raccordés consécutivement sur chacune des ferrites à évaluer.

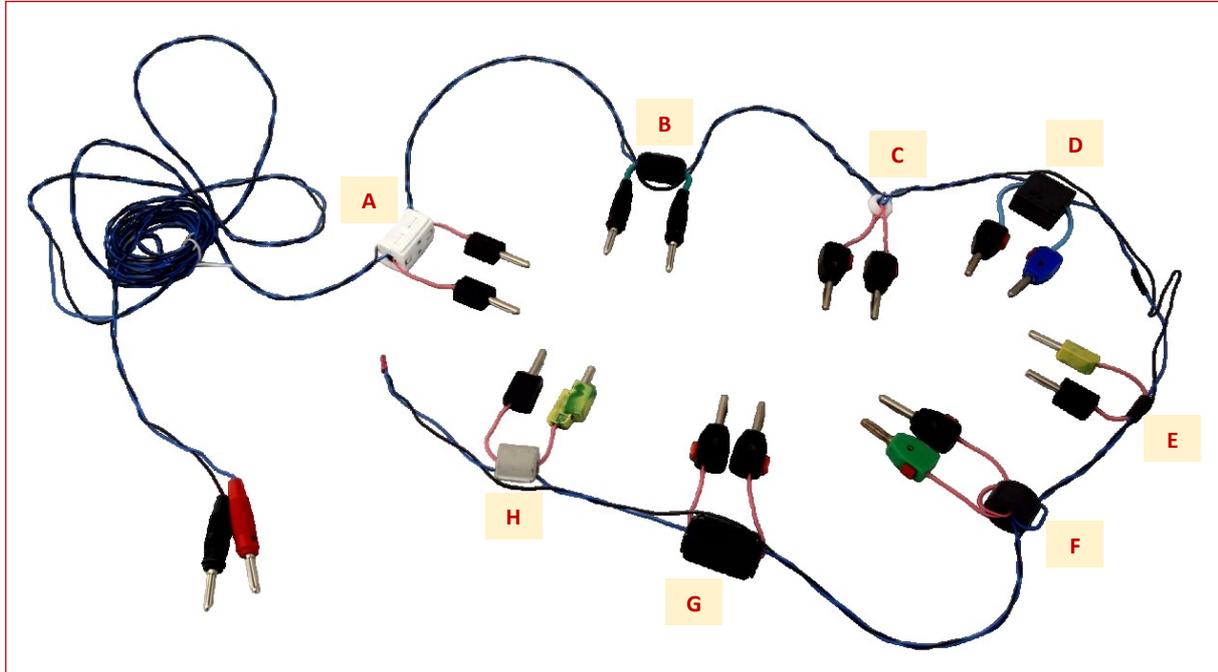


Figure 11 : le réseau constitué des 8 tores à évaluer.

IV – Mesures et évaluations

Le montage adopté est conforme au synoptique représenté en figure 1.

Pour chacun des tores testés, il est procédé comme suit :

- Niveau du générateur RF : 100 mV (= 100 dB μ V = -7 dBm).
- Relevé du niveau RF aux bornes de la boucle couplée avec le tore ferrite en test, pour :
 - Chacune des valeurs des quatre résistances de charge,
 - Chacune des valeurs des quatre fréquences de la bande.

Au total : 16 points de mesure par type de tore, dont les valeurs sont présentées dans les tableaux juxtaposés aux figures 3 à 10.

Impédance de charge

On s'aperçoit que la valeur de l'impédance de charge n'a aucune incidence sur le niveau (pour les valeurs supérieures à environ 500 Ω) et n'a qu'une très faible incidence pour une valeur de charge de 200 Ω (-1,15 dB dans le pire des cas et à la fréquence la plus haute, pour le tore ferrite de type C).

→ Sur ce point, il est donc possible de conclure que la valeur de l'impédance d'entrée des récepteurs qui seront couplés via ce système n'a aucune incidence sur le niveau du signal RF capté.

Niveau en fonction de la fréquence

Quel que soit le type de tore, le couplage dans la bande GO reste le moins efficace.

Avec le tore ferrite de type C, le niveau est inférieur de 7 dB à 150 kHz par rapport aux fréquences supérieures à 500 kHz, ce qui reste acceptable.

Pour les autres types de tore, le niveau est inférieur de 12 dB en moyenne, ce qui est significatif et peut s'avérer gênant avec certains récepteurs.



La figure 12 montre le niveau réel obtenu aux bornes de la boucle couplée à chaque tore ferrite en test, pour les 4 fréquences mesurées (classement par ordre de performance).

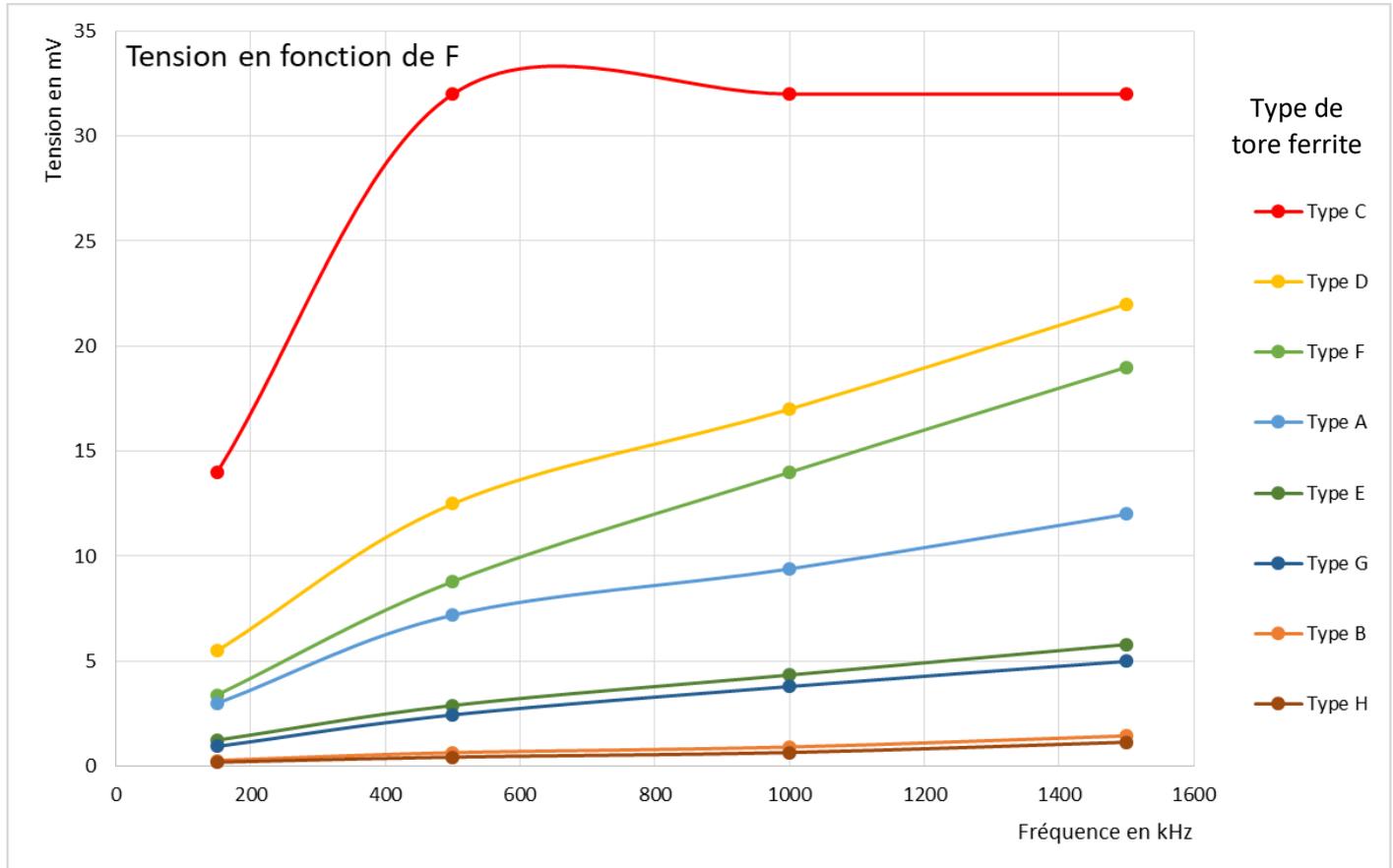


Figure 12 : niveau relevé sur la boucle couplée aux différents tores, en fonction de la fréquence.

De grandes différences sont relevées entre les divers types de tore ferrite testés.

Si l'on prend les deux types de ferrite aux performances les plus éloignées, l'écart est de :

- 36,9 dB à 150 kHz,
- 37,2 dB à 500 kHz,
- 33,7 dB à 1 MHz,
- 28,9 dB à 1,5 MHz.

Perte d'insertion et de transformation

Pour ces calculs, seules les ferrites types A, C, D et F sont conservées, les quatre dernières affichant des caractéristiques de transfert trop éloignées des 4 tores les plus performants.

Lors de l'expérimentation, le niveau de sortie RF du générateur est de 100 mV_{RMS}.

Le tableau de la figure 13 montre les pertes d'insertion et de transformation entre le niveau RF alimentant le réseau de tores et la tension mesurée sur la boucle couplée sur chacun des tores en test.



ModuIAM

MODULATEUR AM 8 FREQUENCES TORE FERRITE DE COUPLAGE – TESTS

DW-2025-01 – v1.1

Le classement est effectué de la perte d'insertion la plus faible à la plus forte.

Type / F	150 kHz	500 kHz	1 MHz	1,5 MHz
Type C	17,1 dB	9,9 dB	9,9 dB	9,9 dB
Type D	25,2 dB	18,1 dB	15,4 dB	13,2 dB
Type F	29,4 dB	21,1 dB	17,1 dB	14,4 dB
Type A	30,5 dB	22,9 dB	20,5 dB	18,4 dB

Figure 13 : perte d'insertion en fonction de la fréquence.

Rendement

Afin de simuler les valeurs des niveaux RF possibles, en fonction du type de tore ferrite, de la fréquence et des niveaux de sortie envisagés sur le modulateur, la figure 14 indique le rendement de chacune des 4 tores les plus performants.

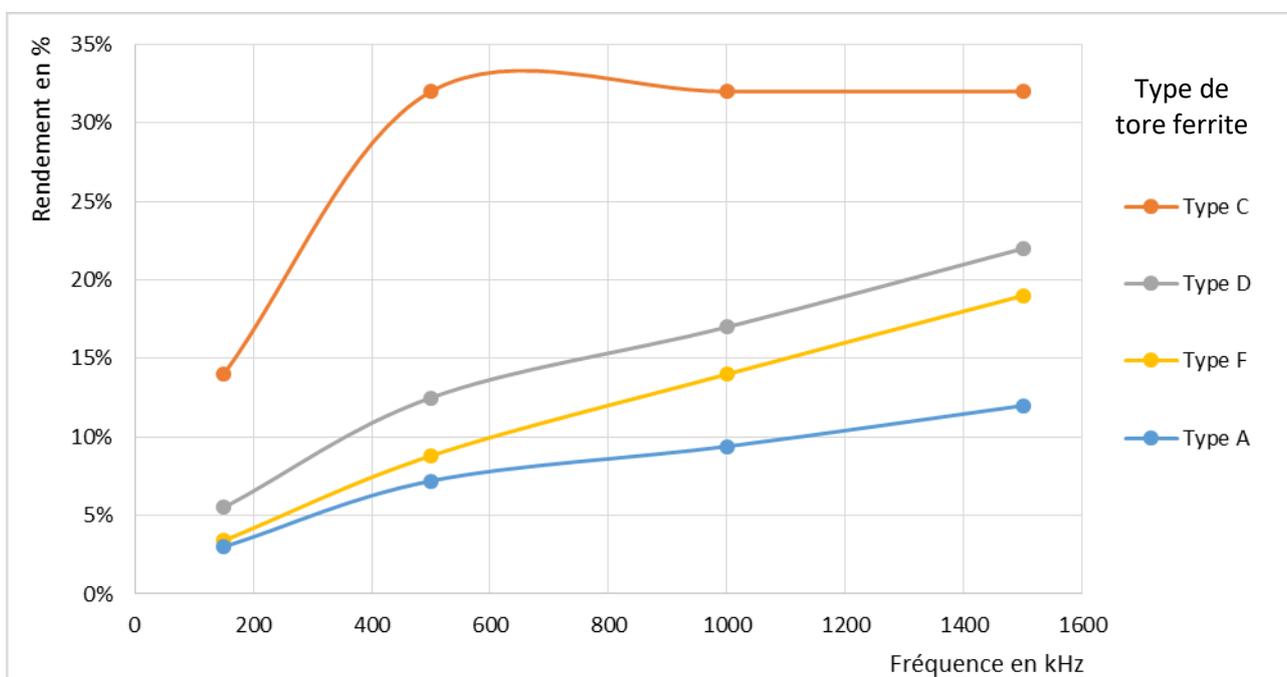


Figure 14 : rendement des 4 tores les plus performants.

V – Tests réels avec le modulateur ModuIAM

Afin de contrôler subjectivement l'efficacité des 4 tores les plus performants, ils ont été testés avec un raccordement sur la sortie RF standard (sans amplificateur supplémentaire) du prototype V1.2 du modulateur **ModuIAM** et un couplage avec un récepteur Philips BF321A de 1952.

Le résultat est très satisfaisant. Le confort d'écoute est parfait avec le tore ferrite de type C mais tout à fait correct, aussi, avec les 3 autres types de tore (D, F et A), même en grandes ondes.

Il pourrait être intéressant :

- De choisir des tores de type D, F ou A pour le couplage avec des récepteurs particulièrement sensibles (à partir des années cinquante) afin d'éviter tout risque de saturation des étages d'entrées, mais aussi de réduire les risques d'intermodulation avec les étages de la fréquence intermédiaire de ces récepteurs.
- De choisir le tore type C pour les récepteurs plus anciens ou peu sensibles.



ModulAM

MODULATEUR AM 8 FREQUENCES

TORE FERRITE DE COUPLAGE – TESTS

DW-2025-01 – v1.1

Si l'on tient compte des rendements de chaque tore ferrite, on obtient les niveaux RF théoriques calculés et présentés dans le tableau de la figure 15.

F / U	Type C		Type D		Type F		Type A	
	RMS	CC	RMS	CC	RMS	CC	RMS	CC
150 kHz	1,57 mV	4,43 mV	0,62 mV	1,74 mV	0,38 mV	1,08 mV	0,34 mV	0,95 mV
500 kHz	3,58 mV	10,14 mV	1,40 mV	3,96 mV	0,99 mV	2,79 mV	0,81 mV	2,28 mV
1 MHz	3,58 mV	10,14 mV	1,90 mV	5,39 mV	1,57 mV	4,43 mV	1,05 mV	2,98 mV
1,5 MHz	3,58 mV	10,14 mV	2,46 mV	6,97 mV	2,13 mV	6,02 mV	1,34 mV	3,80 mV

Figure 15 : niveaux RF théoriques calculés, par porteuse, à l'entrée d'un récepteur.

On remarque qu'à la fréquence de 150 kHz, seule le tore ferrite de type C permet un niveau vraiment confortable.

VI – Conclusion

On constate une grande disparité entre les différents types de tore ferrite testés.

Si l'on ne considère que les quatre meilleurs, on vérifie que le rendement sur la gamme des GO est d'environ 12 à 17 % inférieur à celui obtenu dans la gamme des PO.

On distingue que le tore ferrite de type C a un comportement différent des autres ferrites testées :

- Le rendement global est nettement supérieur à tous les autres (+7 dB en moyenne),
- La différence de rendement entre fréquence RF basse et fréquence RF haute est beaucoup plus sensible que sur les autres tores,
- Le rendement est quasi linéaire sur toute la bande des fréquences hautes (PO).

Ce constat peut amener sans doute à examiner attentivement les caractéristiques de ce tore afin de déterminer les caractéristiques « idéales » du modèle à retenir en fonction du type d'exploitation du **ModulAM**. Data sheet disponible [ICI](#).

Retrouvez et suivez toute l'actualité et les derniers développements du **ModulAM** sur le [site internet](https://modulam.retrotechnique.org/) du projet :

<https://modulam.retrotechnique.org/>

Fin du document