

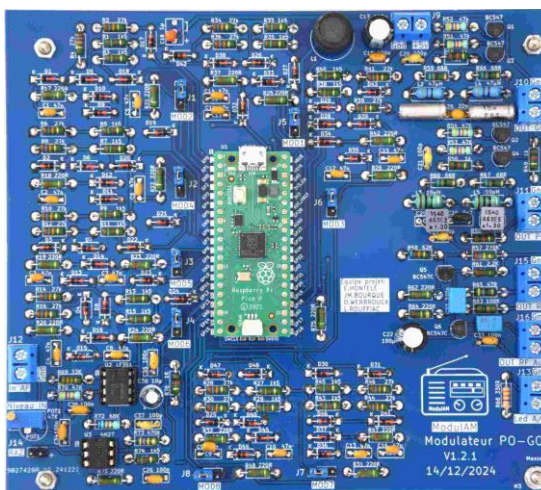


ModulAM

Modulateur AM 8 fréquences

Version diffusion TD-HF & Filodiffusione Italia

Suivi de l'étude *Document évolutif*



v1.1 – 2026-02

Cette étude est un projet **Rétrotechnique**



Nota relatif à l'ensemble de ce document :

Ce document est diffusé librement à l'attention des amateurs pour un usage personnel et désintéressé.

Toute reproduction de son contenu, partielle ou totale, au sein d'une publication sous forme papier ou dématérialisée, toute transmission via un réseau social, blog et assimilé, est soumise à une autorisation écrite préalable des auteurs.

Le cas échéant, cette demande doit être effectuée à cette adresse : signalements@retrotechnique.org.



I – DE QUOI S’AGIT-IL ?

Le projet consiste à étudier la faisabilité puis, en cas de validation, à développer une version du **ModulAM** capable d’alimenter des récepteurs spéciaux (ou standards compatibles), conçus pour recevoir la Télédiffusion HF, pour la Suisse et la Filodiffusione, pour l’Italie.

Ces modes de transmission ayant été totalement abandonnés depuis quelques décennies, ces récepteurs sont aujourd’hui devenus muets.

Cette ambition constitue un des cœurs de l’activité de l’association Rétrotechnique : créer des services et des équipements destinés à réanimer des équipements techniques anciens.

L’équipe a donc décidé de relever le défi en imaginant une version ou une option du modulateur 8 fréquences **ModulAM** susceptible de répondre aux spécifications des systèmes suisse et italien.

➔ Le ModulAM standard

Le lecteur se rendra sur le [site web du ModulAM](#) pour prendre connaissance de l’équipement dans sa version standard, au travers d’une documentation détaillée.

➔ Le ModulAM version TD-HF / Filodiffusione Italia

Pour mieux assimiler l’objectif recherché dans ce projet, il est préférable de connaître l’histoire et les principes développés par les ingénieurs de l’époque, lors de la mise en œuvre de la télédiffusion TD-HF.

Rétrotechnique a rédigé et édité un article sur ce thème, consultable librement ici :

[Télédiffusion TD-HF : histoire et principe](#)



À partir des caractéristiques de composition et de transmission des signaux spécifiques TD-HF, un cahier des charges a été établi afin de définir la nature des fonctionnalités et des développements à effectuer pour proposer une version TD-HF du **ModulAM**.

Ce document évolutif est [disponible ici](#).

Une fois chaque nouvelle étape de l’étude validée, les différents documents sont mis à jour.

Pour suivre l’avancement de ce projet, rendez-vous sur [la page du site web dédiée](#) à la version TD-HF du **ModulAM**.



II – ETUDE DE LA VERSION TD-HF / FILODIFFUSIONE

L'examen du cahier des charges implique le relevé de certaines caractéristiques du **ModulAM** standard, non documentées sur les plages de fréquences concernées par la TD-HF ou la Filodiffusione Italia, lors de la validation de l'équipement initial.

C'est le cas notamment pour la courbe de réponse audio du modulateur.

➔ Relevé des caractéristiques complémentaires AF du ModulAM

Nous nous sommes intéressés à relever certains paramètres, avec davantage de points de mesure : la courbe de réponse AF et le taux de distorsion (THD), la diaphonie, l'intermodulation / transmodulation.

Instrumentation :

Les mesures AF ont été effectuées au labo DWK, avec les instruments suivants :

- Générateur AF : Rohde et Schwarz APN04
- Générateur RF : Rohde & Schwarz SMT03
- Analyseur AM de modulation : Rohde et Schwarz FMAB
- Analyseur AF : Hewlett-Packard 8903B
- Oscilloscope : Fluke PM3370B

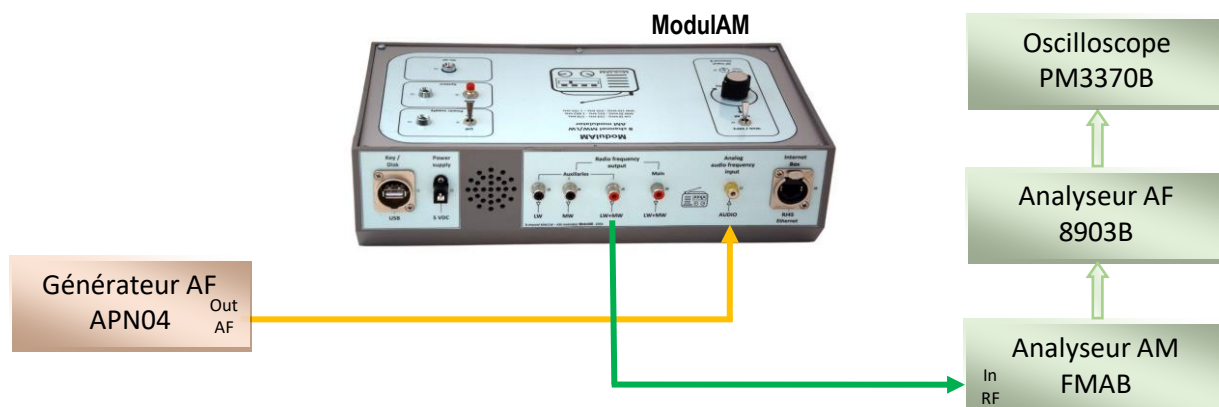


Figure 1 : schéma synoptique de la chaîne de mesure du signal démodulé

Contexte :

La sortie du générateur AF est raccordée à l'entrée EXT-AF du **ModulAM**.

La diffusion est programmée au travers de l'IHM avec :

- 1 seule porteuse avec $F = 1\,008\text{ kHz}$ pour la session 1, puis avec $F = 307\text{ kHz}$ pour la session 2
- Station : AF EXT

La référence de modulation 0 dB est définie pour $F_{AF} = 800\text{ Hz}$ avec un taux de modulation de 50 %.

La démodulation du signal RF AM est effectuée avec les paramètres suivants sur le FMAB :

- Détection : quasi crête / 2
- Désaccentuation : 0 μs
- Filtre : passe-haut : 20 Hz – Filtre passe bas : 23 kHz
- Pondération : aucune.



ModulAM

MODULATEUR AM 8 FREQUENCES

VERSION DIFFUSION TD-HF & FILODIFFUSIONE ITALIA

DW-2026-02 – v1.1

Version logicielle du **ModulAM** : **ModulAM-Version 2.2_DEV** du 09/02/2026.

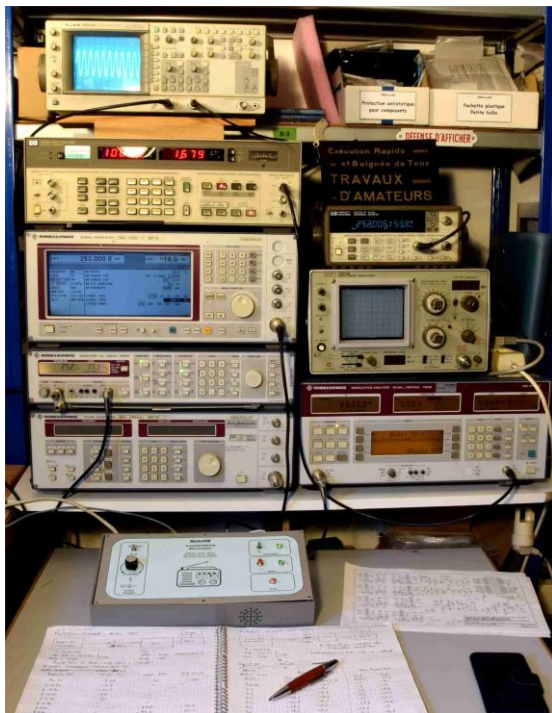


Figure 2 : le **ModulAM** en évaluation sur le banc de mesure.

Courbe de réponse du signal AF démodulé.

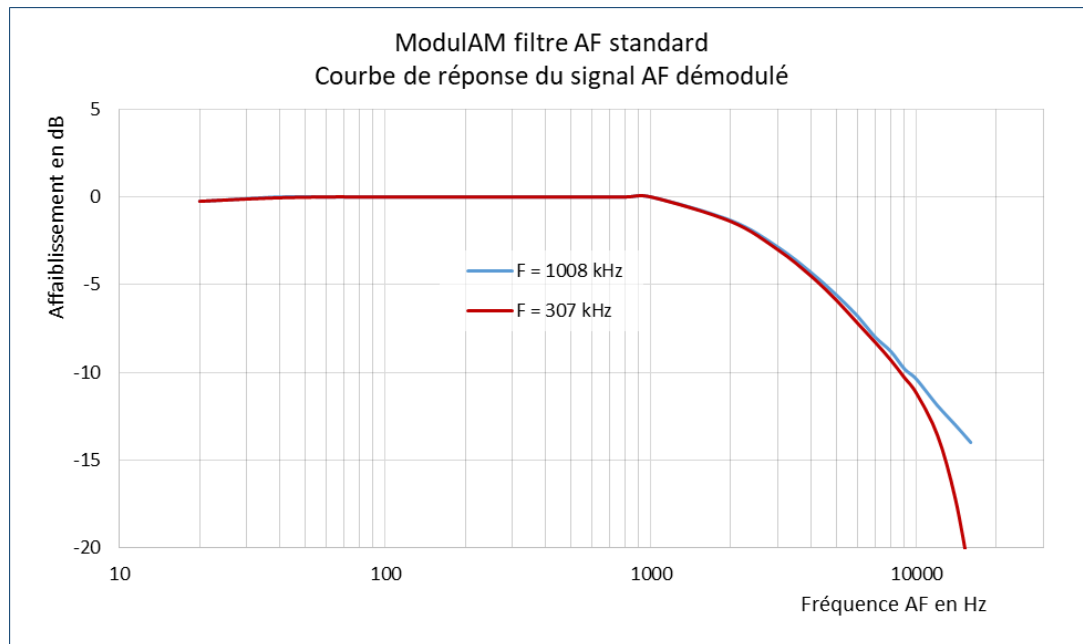


Figure 3 : courbe de réponse du signal AF démodulé, pour deux fréquences RF

Très peu d'écart entre les deux bandes (OM et OL).

En synthèse :

Courbe de réponse à -3dB : 20 Hz à 3 000 Hz

Courbe de réponse à -6 dB : 20 Hz à 5 100 Hz



Distorsions par harmoniques + bruit (THD) du signal AF démodulé.

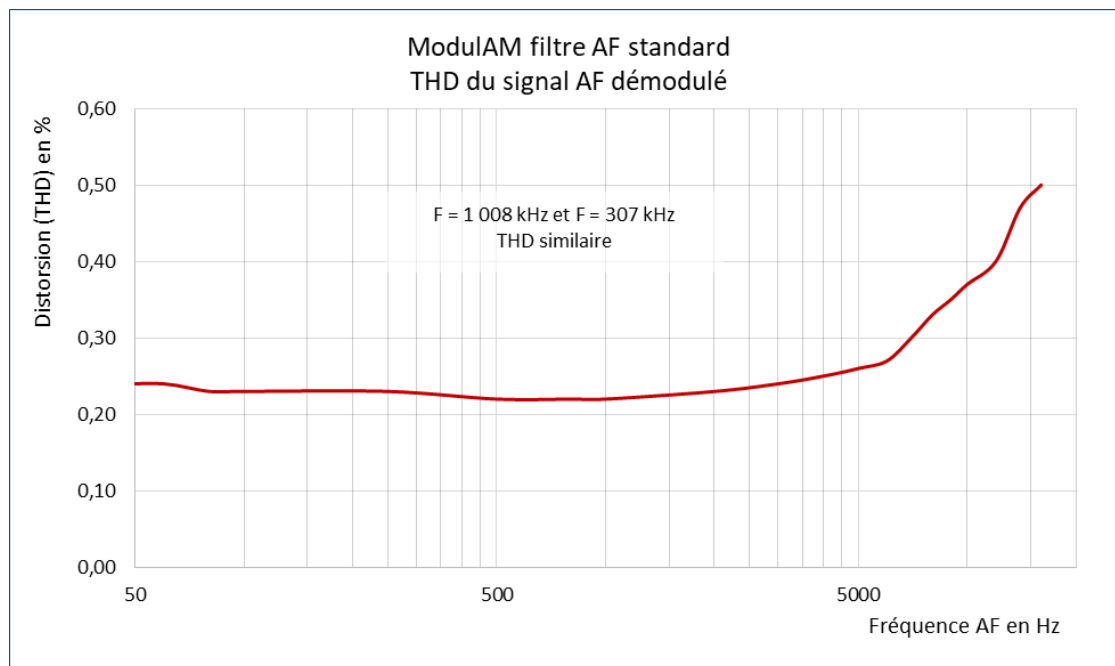
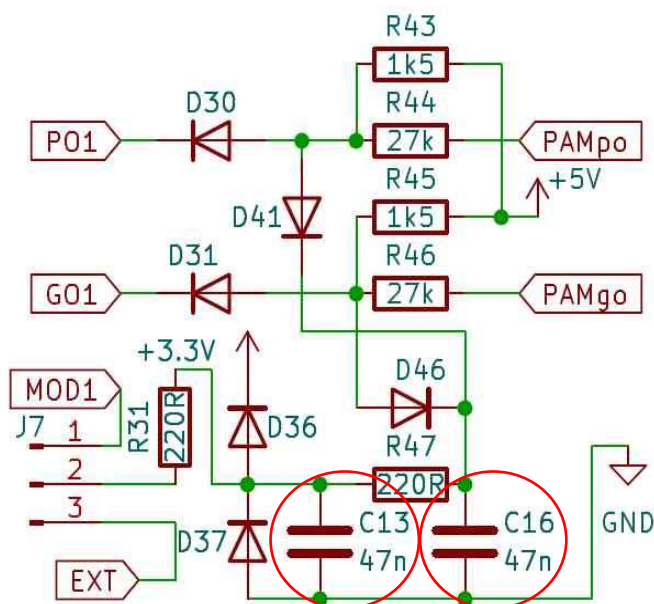


Figure 4 : graphe du niveau des distorsions par harmoniques (THD) du signal AF démodulé

Une seule courbe représentée ($F_{RF} = 1008 \text{ kHz}$), le taux de THD étant similaire sur la fréquence de la bande des OL d'une version TD-HF / Filodiffusione (307 kHz).

➔ Modification de la fréquence d'inflexion du filtre AF du modulateur

Afin de tester la possibilité d'élargir la bande passante des canaux de modulation, la modification suivante a été effectuée expérimentalement :



La valeur des condensateurs C13 et C16 de 47 nF a été changée par 22 nF. Puis un nouveau relevé a été effectué.

Figure 5 : schéma d'un des huit modulateurs du **ModulAM**.
Cerclés de rouge, les composants modifiés.

Courbe de réponse du signal AF démodulé, bande élargie.

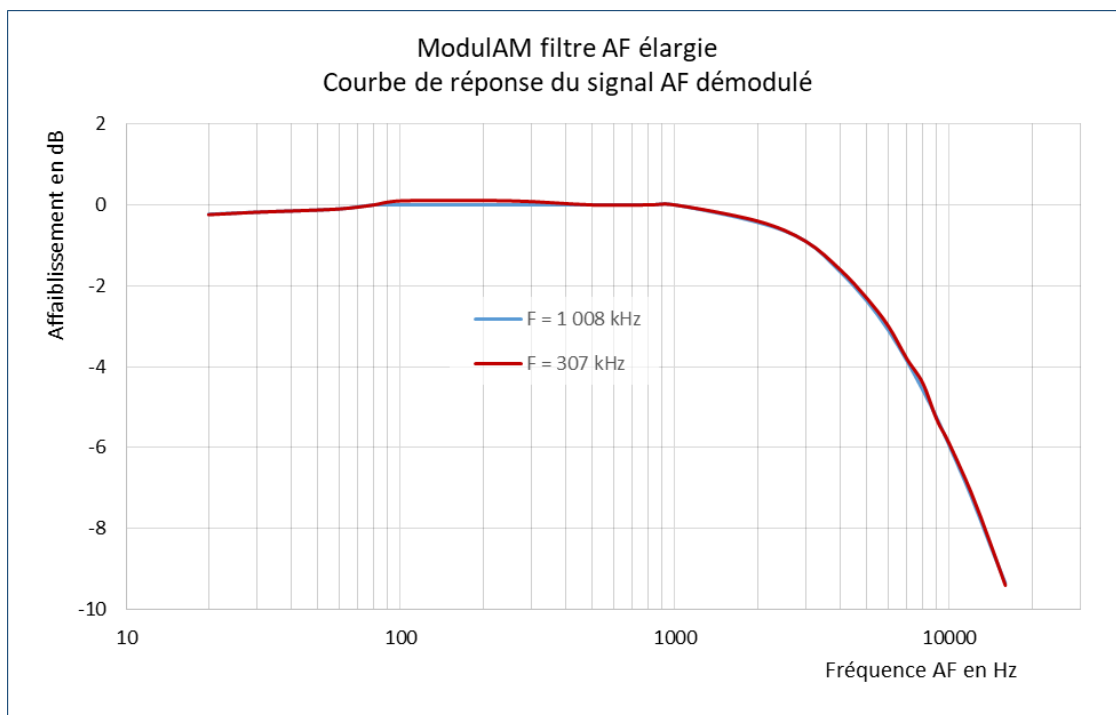


Figure 6 : courbe de réponse du signal AF démodulé, bande élargie, pour deux fréquences RF

En synthèse :

Courbe de réponse à -3dB : 20 Hz à 6 000 Hz

Courbe de réponse à -6 dB : 20 Hz à 10 500 Hz

Distorsions par harmoniques + bruit (THD) du signal AF démodulé, bande élargie.

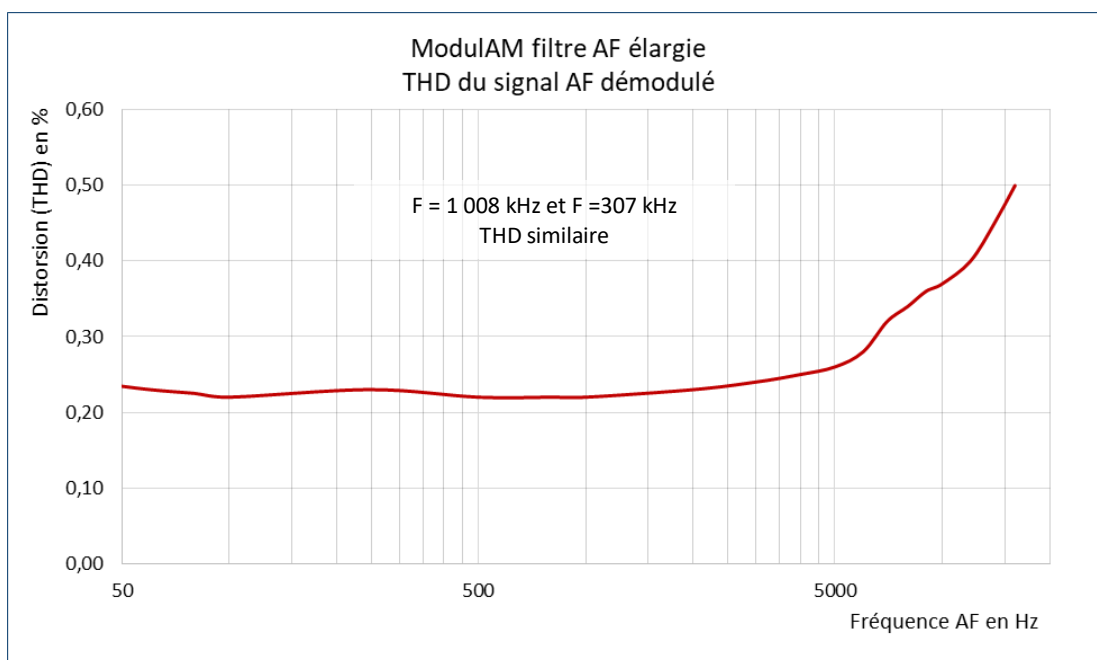


Figure 7 : graphe du niveau des distorsions par harmoniques (THD) du signal AF démodulé, bande élargie



➔ Comparaison des évaluations

Les deux graphes suivants montrent les différences observées de bande passante et de THD entre la version « normale » et la version « filtre élargi » du **ModulAM**.

Courbe de réponse des signaux AF démodulés.

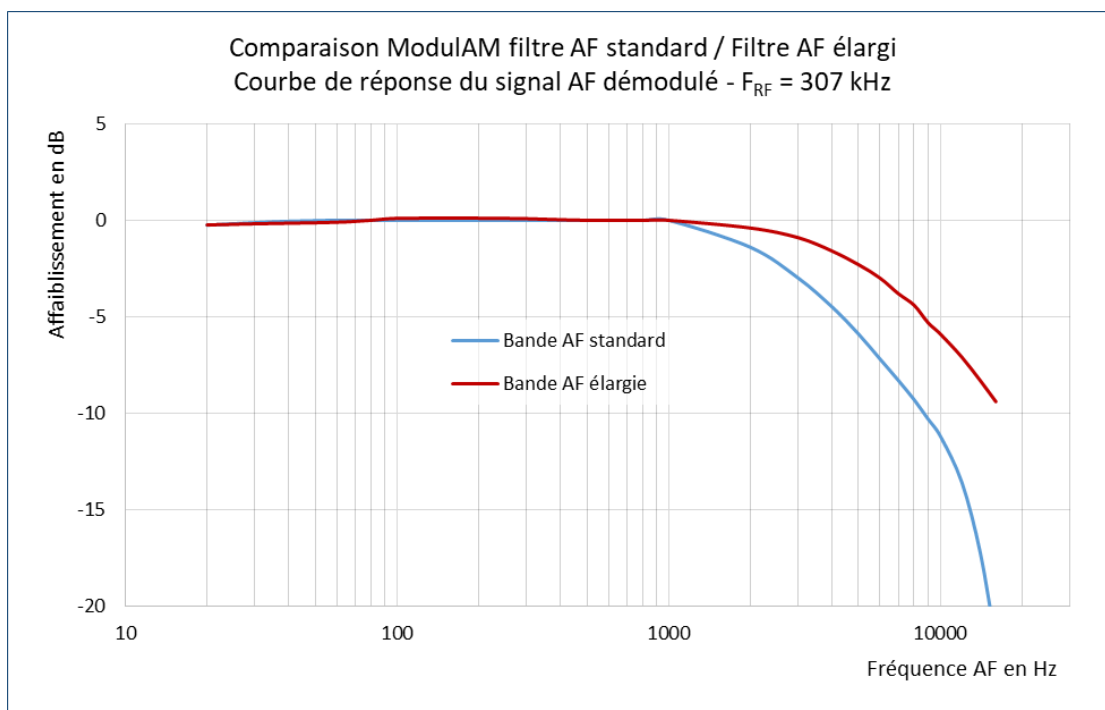


Figure 8 : courbes comparées de la bande passante relevée à la fréquence de 307 kHz

Distorsions par harmoniques + bruit (THD) des signaux AF démodulés.

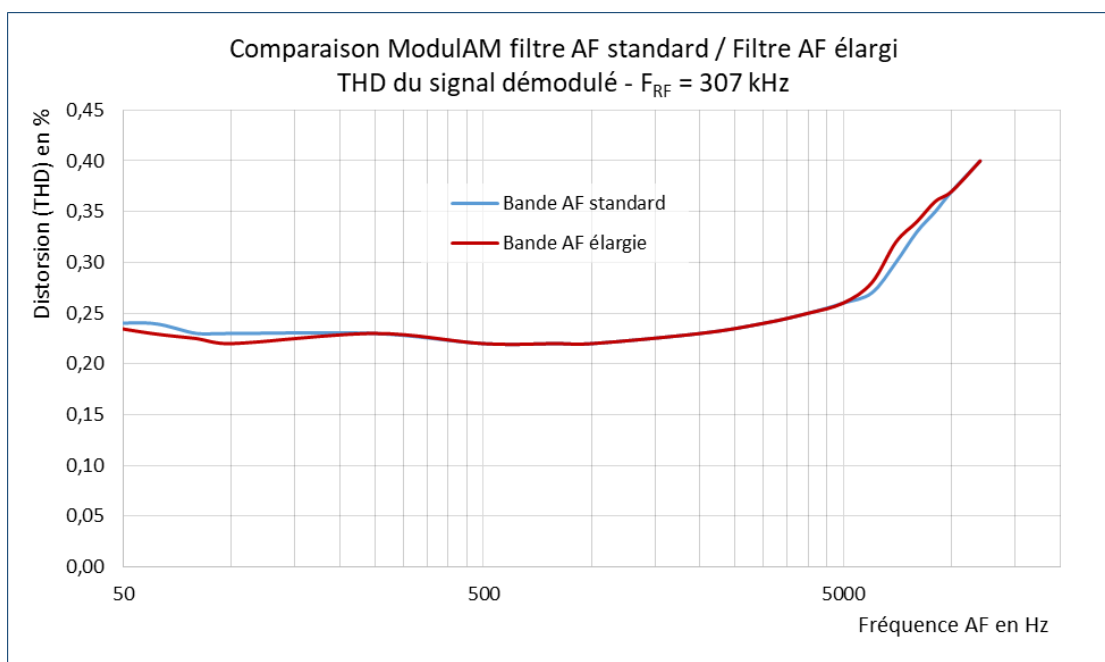


Figure 9 : courbes comparées des distorsions par harmoniques (THD), relevées à la fréquence de 307 kHz



En synthèse :

	ModulAM Filtre standard	ModulAM Filtre élargi
Courbe de réponse à -3 dB	20 Hz à 3 kHz	20 Hz à 6 kHz
Courbe de réponse à -6 dB	20 Hz à 5,1 kHz	20 Hz à 10,5 kHz
Distorsions + bruit (THD) à $F_{AF} = 100$ Hz	0,23 %	0,22 %
Distorsions + bruit (THD) à $F_{AF} = 1$ kHz	0,22 %	0,22 %
Distorsions + bruit (THD) à $F_{AF} = 5$ kHz	0,26 %	0,26 %

Le taux de distorsion est très faible, compte tenu de la simplicité du schéma des modulateurs.

Dans la version « bande élargie », la courbe de réponse est en phase avec l'objectif moyen fixé pour le mode de diffusion TD-HF ou Filodiffusione Italia.

Par ailleurs, le comportement au niveau de la THD + bruit reste parfaitement stable quelle que soit la bande passante du filtre AF. Ces performances sont très certainement meilleures que celles rencontrées sur la plupart des récepteurs concernés !

➔ Niveau du bruit

Le bruit propre généré par le **ModulAM** est mesuré comme suit :

Une porteuse à 1 008 kHz, puis à 307 kHz.

Référence du 0 dB : $F_{AF} = 800$ Hz @ 50 % de taux de modulation.

Bande de mesure : 20 Hz / 23 kHz.

Détection : Quasi crête / RMS.

Pondération : linéaire / CCIR Wght / SINAD.

Les résultats de la mesure du rapport signal / bruit dans le tableau ci-après.

	ModulAM Filtre standard		ModulAM Filtre élargi	
Fréquence	307 kHz	1 008 kHz	307 kHz	1 008 kHz
Quasi crête	54 dB	58 dB	52 dB	57 dB
RMS	58 dB	63 dB	56 dB	61 dB
CCIR Wght	47,5 dB	54 dB	46 dB	53 dB
SINAD	54 dB	59,5 dB	53,5 dB	59 dB

En synthèse :

Les résultats sont très bons et là encore très certainement bien au-delà des performances de la plupart des récepteurs concernés par le **ModulAM**.



➔ Perturbation des canaux adjacents

Élargir la courbe de réponse du signal modulant, c'est aussi prendre le risque de perturber les canaux adjacents, lors de la diffusion de signaux modulés riches en fréquences audio situées au-delà de 3 à 4 kHz.

Évaluer le niveau de perturbations sur les canaux adjacents à la fréquence de diffusion réclame un analyseur AM sélectif, ce qui n'est pas le cas de l'analyseur Rohde & Schwarz FMAB.

La méthode employée ici est donc basée sur une évaluation relative en considérant deux références de principe :

- Le générateur RF Rohde & Schwarz SMT03 dont la linéarité de la courbe de réponse du signal modulant est parfaite entre 20 Hz et 16 kHz,
- Le **ModulAM** avec le filtre AF d'origine dont le comportement en exploitation est jugé satisfaisant.

Le relevé des signaux réputés perturbateurs est effectué sur un récepteur AM de qualité de marque JVC. Afin d'obtenir des résultats lisibles et significatifs sur le récepteur JVC (sans influence significative du bruit), les relevés s'effectuent avec un niveau RF relativement élevé de -33 dBm (5 mV) et sur des canaux proches de F_0 mais pas directement adjacents.

L'évaluation est réalisée sur les deux bandes (OM & OL), avec la configuration suivante :

- Pour la bande des OM :
 $F_0 = 1\,008\text{ kHz}$
 $F_- = 1\,008\text{ kHz moins 3 canaux} = 981\text{ kHz}$
 $F_+ = 1\,008\text{ kHz plus 3 canaux} = 1\,035\text{ kHz}$
- Pour la bande des OL :
 $F_0 = 252\text{ kHz}$
 $F_- = 252\text{ kHz moins 3 canaux} = 225\text{ kHz}$
 $F_+ = 252\text{ kHz plus 3 canaux} = 279\text{ kHz}$

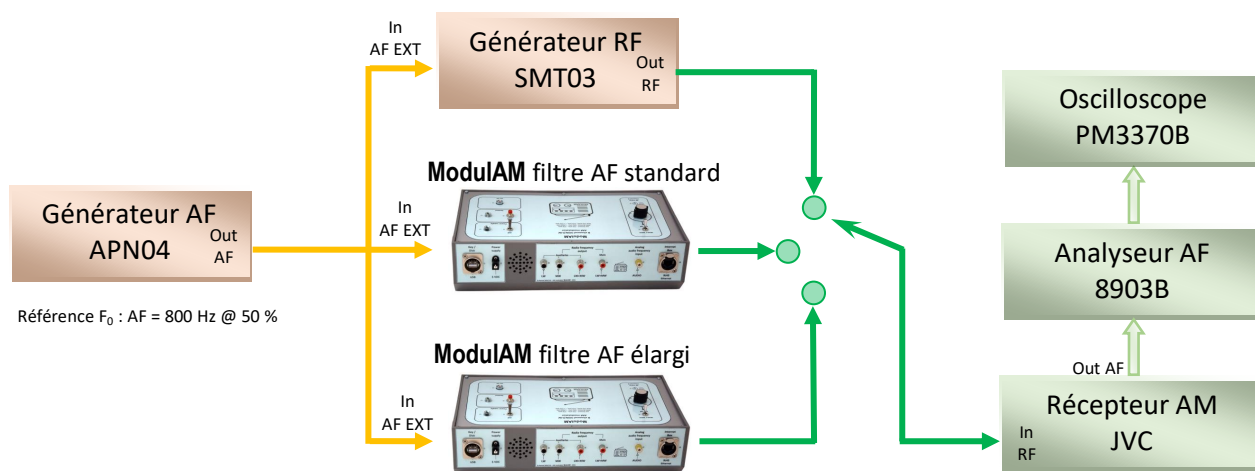


Figure 10 : schéma synoptique de la chaîne d'évaluation des perturbations des canaux adjacents.



Niveau de l'affaiblissement de F_{AF} sur les canaux adjacents – Bande OM (PO)

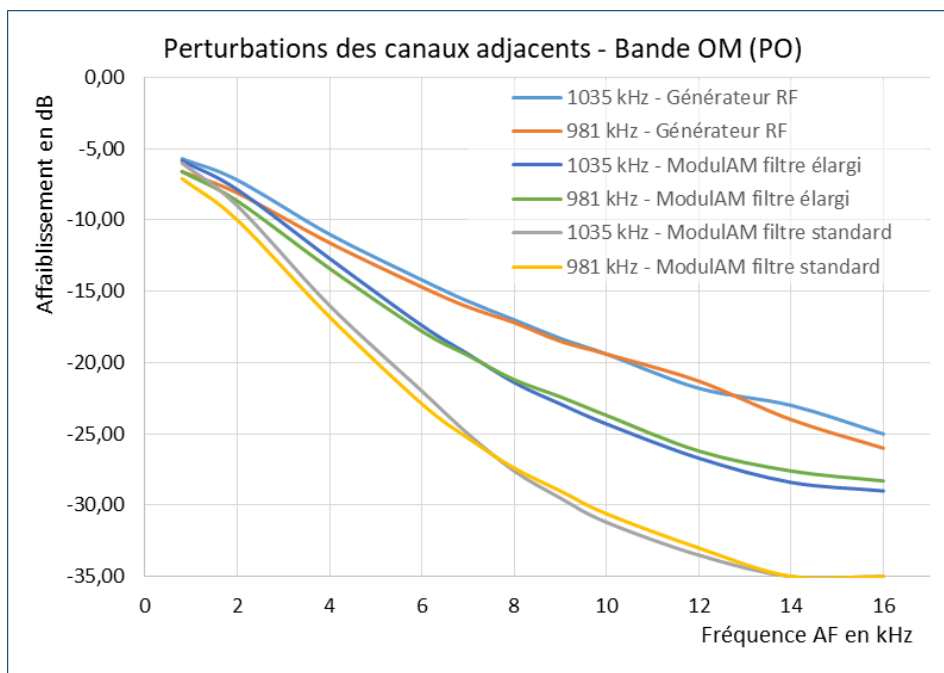


Figure 11 : courbes comparées de l'affaiblissement des niveaux AF sur les canaux adjacents. $F_0 = 1\,008\text{ kHz}$.

En considérant le filtre « standard » comme la référence « utile », on peut constater que sur la bande OM, la protection co-canal est dégradée d'environ 7 dB à $F_{AF} = 10\text{ kHz}$ avec le filtre élargi.

Niveau de l'affaiblissement de F_{AF} sur les canaux adjacents – Bande OL (GO)

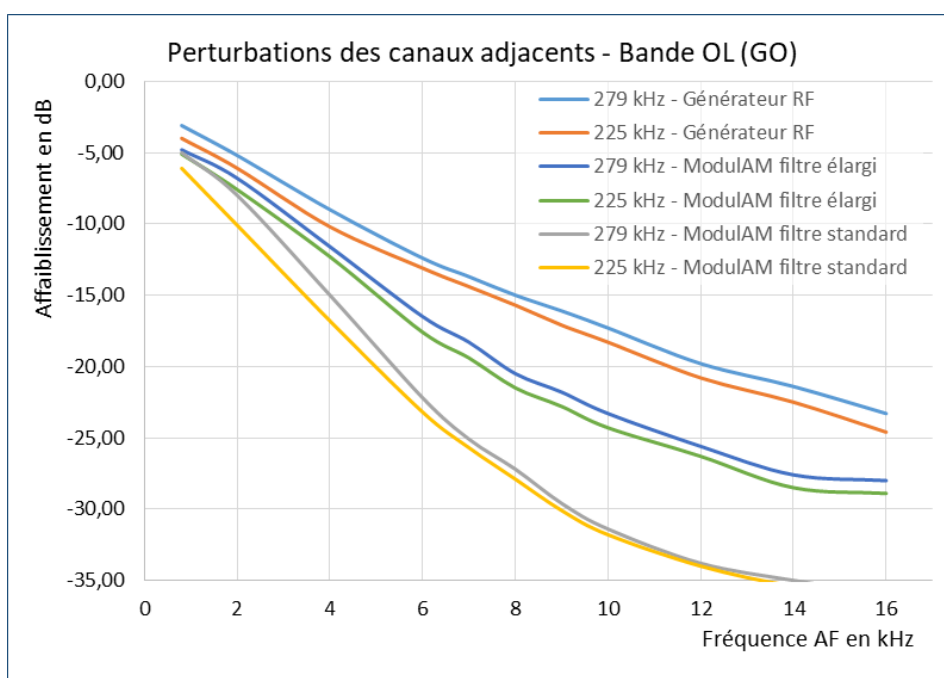


Figure 12 : courbes comparées de l'affaiblissement des niveaux AF sur les canaux adjacents. $F_0 = 252\text{ kHz}$.



Toujours en considérant le filtre « standard » comme la référence « utile », on peut constater que sur la bande OL, la protection co-canal est dégradée d'environ 8 dB à $F_{AF} = 10$ kHz avec le filtre élargi.



Au-delà de cette approche « laboratoire », il sera nécessaire d'effectuer des évaluations sonores à l'aide de programmes de radiodiffusion et d'apprécier auditivement si le niveau de protection co-canal est suffisant dans une exploitation « standard » (au pas de 9 kHz) du **ModulAM** modifié avec les filtres AF élargis.

Dans la version TD-HF / Filodiffusione Italia, peu de craintes puisque l'écart entre deux canaux est de 33 kHz, soit + 6 kHz par rapport à l'écart considéré dans ces mesures.

➔ Diaphonie, intermodulation, transmodulation

Ces mesures sont très délicates à mettre en œuvre avec l'instrumentation disponible.

En revanche, il est relativement simple d'évaluer les perturbations observées sur un canal alimenté par une porteuse non modulée, en fonction de la présence ou non des autres canaux modulés.

Pour réaliser cette évaluation, un récepteur de très bonnes performances a été utilisé comme démodulateur, suivant le schéma synoptique ci-après.

Référence F_0 : AF = 800 Hz @ 50 %

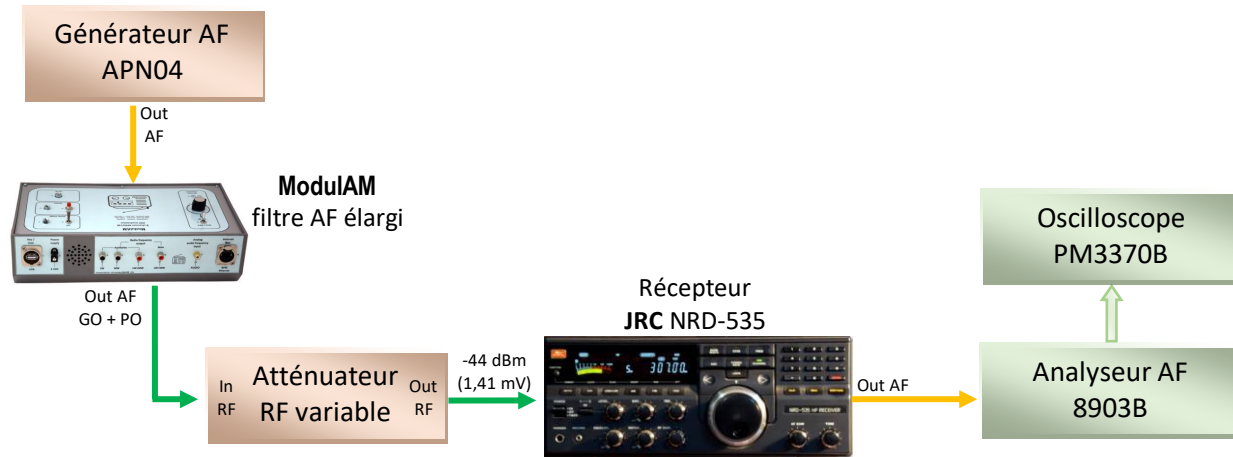


Figure 13 : schéma synoptique de la chaîne d'évaluation des phénomènes de diaphonie, d'intermodulation et de transmodulation.

Évaluation de la diaphonie :

On considère, dans cette évaluation, la présence des 6 canaux affectés à la TD-HF avec :

- 4 canaux avec le filtre de bande AF standard,
- 2 canaux avec le filtre de bande élargi (colonnes repérées en vert pâle dans le tableau ci-après),
- 1 canal est modulé par $F_{AF} = 800$ Hz avec un taux de modulation de 50 %,
- Les 5 autres canaux sont des porteuses pures non modulées,
- La mesure s'effectue ensuite sur chacun des 5 canaux non modulés,
- Afin de détecter au mieux les transitoires de diaphonie, le détecteur de l'analyseur AF est positionné en mesure de crêtes.



ModulAM
MODULATEUR AM 8 FREQUENCES
VERSION DIFFUSION TD-HF & FILODIFFUSIONE ITALIA

DW-2026-02 – v1.1

Résultats des relevés des niveaux crête à crête, dans le tableau suivant

Fréquence	175 kHz	208 kHz	241 kHz	274 kHz	307 kHz	340 kHz
175 kHz	0 dB	- 43 dB	-44 dB	-44 dB	-45 dB	-45 dB
208 kHz	-44 dB	0 dB	-45 dB	-44 dB	-45 dB	-45 dB
241 kHz	-44 dB	-44 dB	0 dB	-45 dB	-45 dB	-45 dB
274 kHz	-44 dB	-43 dB	-44 dB	0 dB	-45 dB	-45 dB
307 kHz	-44 dB	-44 dB	-45 dB	-44 dB	0 dB	-45 dB
340 kHz	-44 dB	-44 dB	-45 dB	-44 dB	- 45 dB	0 dB

En synthèse :

Aucune trace de perturbations mesurables produites par le canal modulé sur les autres canaux non modulés, que ces canaux soient ou non concernés par le filtre AF élargi ou pas.

Les valeurs relevées intègrent le bruit intrinsèque du récepteur **JRC** NRD-535 + le bruit du **ModulAM** et des traces de bruits digitaux propres au montage.

À l'écoute, aucune détection sonore possible de la fréquence 800 Hz sur les canaux non modulés.

Résultats excellents.

Évaluation de l'intermodulation et de la transmodulation :

Pour cette évaluation, la configuration suivante est adoptée, toujours avec le montage de la figure 13 :

- Modulation simultanée de 5 canaux au travers d'un signal de 1 kHz, avec un taux de modulation de 30 %,
- Relevé du bruit sur le sixième canal, diffusant une porteuse pure non modulée,
- La fréquence de la porteuse pure est choisie au centre de la bande des 6 canaux de la bande TD-HF, à 241 kHz.

La mesure crête à crête du bruit sur la porteuse pure est de -44 dB.

(Réf 0 dB : $F_{AF} = 800 \text{ Hz}$ @ 50% taux de modulation).

En synthèse :

Aucune trace de perturbations mesurables, produites par les cinq canaux modulés simultanément par un signal sinusoïdal permanent de fréquence 1 kHz.

Les valeurs relevées concernent le bruit intrinsèque du récepteur **JRC** NRD-535 + le bruit du **ModulAM** et des traces de bruits digitaux propres au montage.

À l'écoute, aucune détection sonore possible de la fréquence 1 kHz ou d'artéfacts / combinaisons de fréquences, sur le canal non modulé (241 kHz).

Résultats excellents.



➔ Sortie RF version TD-HF

La sortie RF PO+GO raccordée à l'entrée d'un analyseur de spectre permet de visualiser les 6 porteuses de la bande TD-HF.

Deux images du spectre ont été captées :

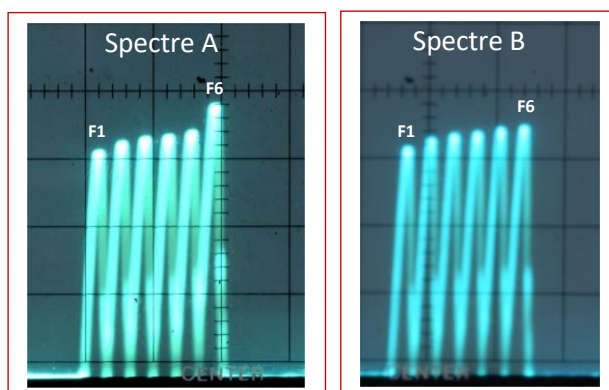


Figure 14 : images du spectre TD-HF avec les 6 fréquences émises en simultané, en fonction de la version du logiciel du module RPI.

- **Spectre A** : le logiciel du module RPI est celui de la version standard du **ModulAM**.
La bande OL (GO) est donc limitée à 309 kHz. Les fréquences supérieures sont traitées par la bande des OM (PO).
On remarque que la porteuse F6 (340 kHz), donc située en dehors de la bande OL, est affectée d'un niveau légèrement supérieur aux cinq autres porteuses. Cette dernière est en effet traitée par la chaîne d'amplification et de filtrage de la bande OM (PO) dont le gain n'est pas rigoureusement identique à la chaîne d'amplification et de filtrage de la bande OL (GO).
- **Spectre B** : le logiciel du module RPI est modifié en prenant en compte les bandes TD-HF et Filodiffusione Italia dans la bande des OL (jusqu'à 343 kHz).
Cette fois l'homogénéité des 6 fréquences est correcte, l'ensemble des porteuses étant traité par la même chaîne d'amplification et de filtrage (OL – GO).



*La différence de niveau entre la porteuse F6 et les autres porteuses, observée dans le spectre A, ne justifie pas une obligation de modification du logiciel du module RPI, dans la mesure où l'utilisateur exploite le **ModulAM** avec les sorties principale ou auxiliaire PO + GO.*

Si cette éventualité était retenue, il faudrait simplement mentionner que la sortie auxiliaire GO ne diffuse pas la fréquence 340 kHz de la bande TD-HF ou la fréquence 343 kHz de la bande Filodiffusione Italia.

Mais ces fréquences sont alors disponibles sur la sortie auxiliaire PO.



➔ Conclusion provisoire

Ces mesures indicatives devront être complétées par une évaluation subjective à l'aide de programmes radiodiffusés et rapprochées des résultats des mesures qui seront effectuées par ailleurs sur les récepteurs témoins TD-HF et Filodiffusione Italia.

Ces analyses permettront de déterminer s'il est opportun de modifier le matériel du **ModulAM** standard afin d'en élargir la courbe de réponse du signal AF démodulé, ou pas.

Dans l'affirmative, il faudra alors évaluer la valeur exacte du point d'inflexion du filtre afin de déterminer le meilleur compromis entre courbe de réponse, distorsions + bruit et perturbations potentielles des co-canaux.

À ce stade de l'évaluation, les performances mesurées sur le **ModulAM** sont très bonnes à excellentes, en considérant le contexte AM et la destination de l'exploitation de l'équipement.

III – EXPLOITATION ET ASPECT « COSMÉTIQUE »

L'exploitation du **ModulAM** version TD-HF pour la Suisse et Filodiffusione pour l'Italie, nécessite une approche spécifique de la configuration des stations et une présentation adaptée du cadran de visualisation de la diffusion.

Puisque la TD-HF comme la Fiodiffusione ne mobilisent que six canaux sur les huit possibles du **ModulAM** il a été décidé de conserver la section OM (PO) avec une distribution des stations suivant le plan de Copenhague déjà adopté pour la version standard de l'équipement.

Ainsi l'utilisateur aura la possibilité de programmer deux stations complémentaires dans la bande des OM (PO).

En revanche, la bande OL (GO) a été totalement redessinée en conformité avec les plans de fréquences spécifiques aux règles de la TD-HT et à celles de la Filodiffusione.

Les fréquences comme les longueurs d'onde sont indicatives, la notion de « canal » étant davantage pratiquée dans ce mode de fonctionnement.

Il a donc été décidé de nommer les canaux de cette bande de **I** à **VI**, la correspondance avec les noms des stations étant assurée dans le cadre situé à droite du cadran, tout comme avec le **ModulAM** standard.

Pour chacune des versions, il a été créé une liste de stations par défaut nommée « Usine » ; ces stations ont été soigneusement choisies parmi celles encore existantes à ce jour dont les noms ont été retrouvés dans les documents d'époque.

Bien entendu, ensuite, chaque utilisateur peut créer autant de listes qu'il le souhaite et affecter chaque station retenue au canal de son choix.

Afin de faciliter ces opérations, les URL de dizaines de stations propres à la radiodiffusion suisse comme à la radiodiffusion italienne ont été mémorisées dans la liste de base du **ModulAM**.



ModulAM

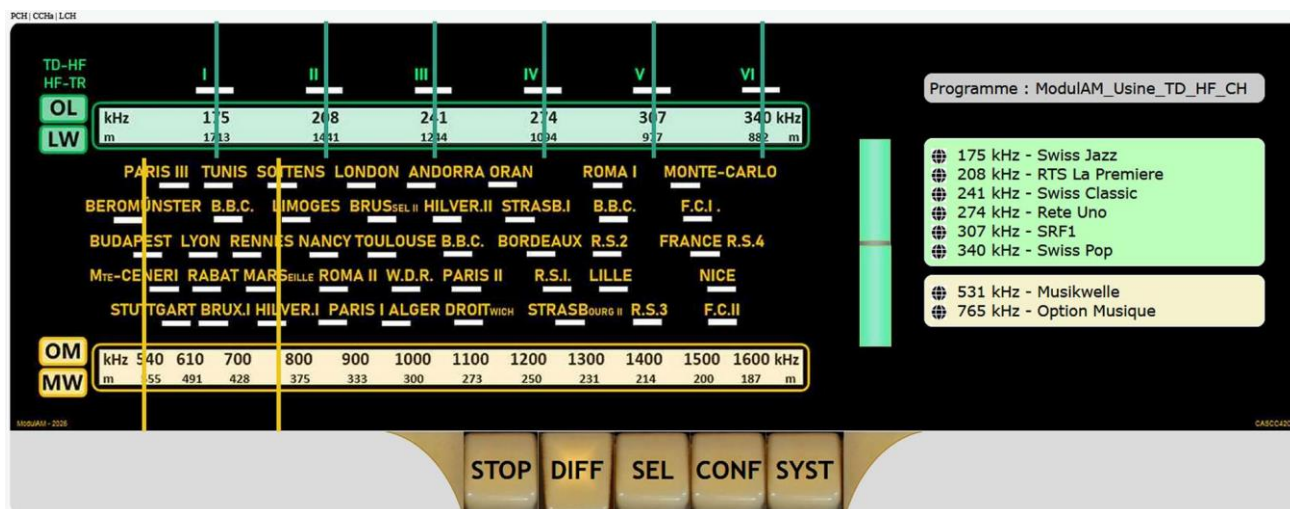
MODULATEUR AM 8 FREQUENCES

VERSION DIFFUSION TD-HF & FILODIFFUSIONE ITALIA

DW-2026-02 – v1.1

➔ Cadran TD-HF - Suisse

Le cadran défini par défaut lors de la validation de ce mode de diffusion est représenté ci-après :

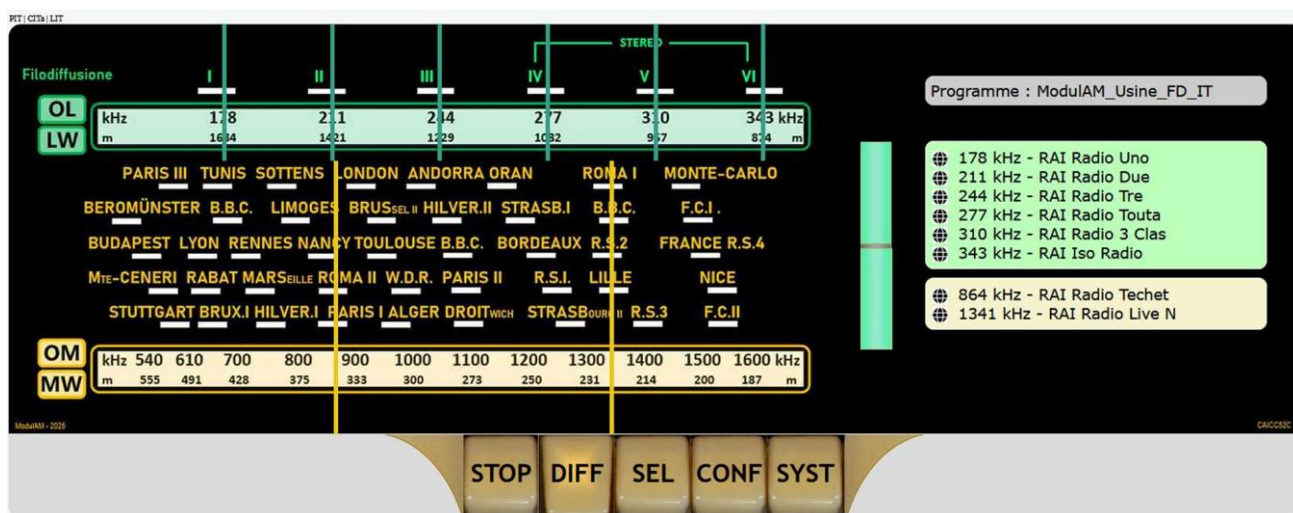


Dans cette configuration, les six canaux sont complétés par deux programmes distribués sur deux fréquences en OM (PO).

Ce cadran sera présenté par défaut en mode de fréquences croissantes : l'utilisateur pourra choisir un mode de représentation du cadran en fréquences décroissantes, suivant son souhait.

➔ Cadran Filodiffusione - Italie

Avec la même logique, le cadran ci-après sera proposé par défaut lors du choix du mode Filodiffusione.



Un repère supplémentaire « STEREO » figure sur le couple des canaux IV et VI, sachant que le système italien prévoit la diffusion d'un programme en stéréophonie sur ces deux canaux.

Cette disposition fait l'objet de l'étude en cours et sera entièrement développée via logiciel, en suivant les spécifications de matricage prévues par le procédé de la Filodiffusione afin d'une part que les récepteurs équipés de l'option stéréo puissent décoder correctement les signaux de ces deux canaux et, d'autre part,



ModulAM

MODULATEUR AM 8 FREQUENCES

VERSION DIFFUSION TD-HF & FILODIFFUSIONE ITALIA

DW-2026-02 – v1.1

que la compatibilité « mono » soit assurée pour les récepteurs ne disposant pas de l'option de décodage stéréophonique.

Ce cadran sera présenté par défaut en mode de fréquences croissantes : l'utilisateur pourra choisir un mode de représentation du cadran en fréquences décroissantes, suivant son souhait.

➔ **Langues**

L'ensemble des textes apparaissant sur les divers écrans de configuration, de diffusion et d'information est prévu traduit en allemand et en italien, pour un meilleur confort d'utilisation.

Cette opération viendra compléter les quatre langues déjà disponibles et sera effectuée en toute fin d'étude, lorsque l'ensemble des tests et les différents écrans seront définitivement validés.

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/>

Page web réservée à la version TD-HF & Filodiffusione :
<https://modulam.retrotechnique.org/modulam-version-td-hf/>

V1.0 : draft pour relecture et validation

V1.1 : version stabilisée publiée le 13/02/2026

Crédit photos et illustrations

Toutes figures, illustrations et clichés : DWK

© La documentation Rétrotechnique - Février 2026

Fin du document