

# Charges RF (RF Loads)

Valorisation marché, analyse des cibles et positionnement produit FILAMAG-F

Entreprise	HYMAG'IN, Grenoble, France
Document	Audit de marché interne : charges RF (RF terminations / dummy loads)
Perimetre	Marché global, segments cibles, positionnement FILAMAG-F
Horizon	2026 / 2035
Statut	Document de travail interne, usage stratégique

## CHIFFRES CLES DU MARCHÉ

<b>2,77 Md\$</b> TAM total 2026 Marché global charges RF	<b>2,07 Md\$</b> TAM adressable 2026 75 % du marché (detail technique)	<b>10,4 M\$</b> SAM 2026 Estimation 0,5 % du marché (specifique 3D)	<b>500 k\$</b> SOM 2026 Objectif 5 % du SAM, peu de gros concurrents 3D
--	--	---	---

## SOMMAIRE

- 01 Valorisation du marche et enjeux globaux
- 02 Concurrents principaux et analyse competitive
- 03 Marches cibles identifiées
- 04 Analyse des cibles et strategie d'approche
- 05 Positionnement produit : FILAMAG-F comme charge RF
- 06 Valeur differenciante et arguments commerciaux
- 07 Opportunités, freins et recommandations strategiques

### 01

## Valorisation du marche et enjeux globaux

Le marche des charges RF (RF terminations, dummy loads, RF attenuators) est un marche de composants passifs techniques dont la croissance est directement portee par le developpement des infrastructures hautes frequences : 5G, IoT, systemes de defense, aerospacial et mesure RF. Avec une valeur estimee a **2,77 milliards USD en 2026**, le marche devrait atteindre **5,17 milliards USD d'ici 2035**, soit une croissance soutenue sur l'ensemble de la decennie.

Indicateur	Valeur 2026	Perimetre	Pertinence HYMAG'IN
TAM total	<b>2,77 Md USD</b>	Marche global charges RF toutes technologies confondues	Marche de reference
TAM adressable	<b>2,07 Md USD</b>	75 % du TAM total : segment detail technique, haut de gamme et specifications precises	Cible prioritaire
SAM	<b>10,4 M USD</b>	Estimation 0,5 % du marche : specificite impression 3D (petites series, faibles volumes)	Notre terrain de jeu realiste
SOM	<b>500 k USD</b>	5 % du SAM : objectif atteignable, peu de concurrents etablis sur le segment 3D	Objectif 2026

### Dynamiques de croissance cles

- La demande en composants haute frequence a augmente de **32 %**, portee par une hausse de 28 % des mises a niveau dans le secteur des telecommunications et une expansion de 21 % des activites de test RF.
- Les terminaisons RF miniaturisees ont connu une croissance de **27 %** en termes d'adoption, avec +22 % pour les modeles de precision et +18 % pour les modeles compatibles 5G.

- **53 % des systemes IoT et 5G** integrent des charges RF, signe que la croissance de ces ecosystemes beneficiera directement au marche des charges.
- Le contexte geopolitique actuel cree une **opportunit  de substitution europeenne** face aux leaders americains du secteur (Amphenol, Mini-Circuits, Cinch, Panduit). Un fournisseur francais dans un marche a majorite americaine est un avantage structurel croissant, notamment pour les donneurs d'ordre europeens de defense et d'aerospatial.

Source : *businessresearchinsights.com, RF Terminator Market Report (2026)*.

02

## Concurrents principaux et analyse competitive

Le marche des charges RF classiques est domine par des acteurs industriels etablis, majoritairement americains. Aucun d'entre eux ne propose a ce jour de solution reposant sur l'impression 3D avec des materiaux absorbants sur mesure. C'est precisement la fenetre d'opportunit e d'HYMAG'IN.

Concurrent	Pays	Positionnement	Point faible vs HYMAG'IN
Phoenix Contact	Allemagne	Connectique industrielle large gamme, presence europeenne forte	Produits standards, pas de 3D ni de sur-mesure geometrie complexe
Amphenol Corporation	USA	Leader mondial connectique RF, catalogue tres large, grandes series	Origine americaine, aucune flexibilite petites series, pas de 3D
Mini-Circuits	USA	Composants RF passifs tres reputes dans les labos et bancs de test	Produits fixes, pas d'adaptabilite geometrique, origine americaine
Cinch Connectivity	USA	Connectique et terminaisons RF industrielles, grandes series	Gammes figees, delais longs, pas de personnalisation
Panduit	USA	Infrastructure reseau et composants passifs, marche telecom/IT	Positionnement generaliste, peu de specificite RF haute frequence

### Fenetre d'opportunit e

Aucun des acteurs etablis ne propose de charges RF imprimees en 3D avec des materiaux absorbants adaptatifs. HYMAG'IN adresse un segment non encore occupe par les leaders : petites series, geometries complexes, adaptation aux systemes pre-existants. L'origine europeenne constitue un avantage structurel supplementaire dans le contexte actuel de souverainete industrielle.

03

## Marches cibles identifiées

Les charges RF intéressent théoriquement tout système intégrant une antenne, un guide d'ondes ou une terminaison RF. Cependant, HYMAG'IN doit concentrer ses efforts sur les **secteurs a petites series**, ou le besoin d'adaptation géométrique est fort et où la fabrication additive constitue un avantage réel. Les grandes séries (smartphones, routeurs Wi-Fi, box internet) ne sont pas pertinentes : les volumes et les prix ne correspondent pas au modèle de production d'HYMAG'IN.

Marche	Systemes concernes	Potentiel pour HYMAG'IN	Priorite
<b>Mesure RF (Labos et bancs)</b>	VNA (Vector Network Analyzers), bancs RF, systemes de test et mesure. Exemples : Rohde & Schwarz, Emitech, CEM Corporation, SCLE, Spherea, ESIGELEC.	Fort : petites series, besoin de precision et d'adaptation aux geometries specifiques des guides d'ondes. Clients techniques, decision rapide.	<b>PRIORITAIRE</b>
<b>Spatial (Satellites et radars)</b>	Antennes, radars, satellites, systemes embarques spatiaux. Exemples : Anywaves, Hemeria, Exail, Greenerwave, Thales Alenia Space, ADS.	Fort : series tres limitees, specifications extremes, geometries complexes, tolerance zero sur les performances. Budget eleve, valeur unitaire forte.	<b>PRIORITAIRE</b>
<b>Defense</b>	Systemes radar, electronique embarquee de defense, systemes de brouillage, bancs de test militaires, drones/UAV.	Potentiel eleve, mais cycles de vente longs et exigences de qualification strictes. A adresser progressivement une fois les premieres references acquises.	<b>MOYEN TERME</b>
<b>Telecoms (specifique)</b>	Infrastructure 5G specifique, systemes IoT industriels, bancs de test telecoms (petites series uniquement). Marche en forte croissance (+32 %).	Potentiel existant mais difficultes d'accès identifiées : secteur difficile a penetrer pour HYMAG'IN, enjeux mal maîtrises cote prospects. A travailler avec une approche pedagogique. Priorite secondaire.	<b>SECONDAIRE</b>

*Note operationnelle : Recontacter les laboratoires CEM rencontres via Würth (verifier si contacts disponibles et accord pour recontact). Potentiel de conversion court terme sur le segment mesure RF.*

04

## Analyse des cibles et strategie d'approche

Deux profils de cibles coexistent sur ce marche, avec des logiques d'approche et des mots-cles tres differents. La strategie de communication et de prospection doit tenir compte de cette dualite.

Profil	Qui ?	Ce qu'il cherche	Approche recommandee
<b>Profil 1 Technicien RF (Expert)</b>	Ingenieur RF, ingenieur antennes, RF hardware engineer, radar systems engineer. Connait parfaitement le sujet et les termes techniques.	Une solution qui repond a sa spec technique : bande de frequence, impedance, geometrie, norme WR. Il veut des chiffres et de la precision.	Mots-cles techniques directs. Montrer qu'on parle son langage : S11, WR-XX, dummy load, RF termination, waveguide. Mettre en avant les performances mesurees.
<b>Profil 2 Ingenieur Systeme (Non-expert RF)</b>	Ingenieur systeme, responsable R&D;, chef de projet electronique. Travaille sur des systemes integrant des composants RF sans etre specialiste.	Comprendre pourquoi son systeme a des problemes (reflections, instabilites de signal) et trouver une solution. Ne connait pas necessairement les charges RF.	Approche pedagogique : expliquer le probleme avant de proposer la solution. Mots-cles orientes systemes et symptomes. Mettre en avant adaptabilite 3D, cout et delai.

### Mots-cles et terminologie par cible

Categorie	Mots-cles EN (prioritaires)	Mots-cles FR (complementaires)
<b>Composants directs</b>	RF terminations, RF loads, dummy loads, RF attenuators, waveguide termination, RF load terminations, waveguide loads	Charges RF, charges fictives, charges guide d'ondes, terminaisons RF, attenuateurs RF
<b>Systemes / Applications</b>	VNA termination, RF measurement load, front-end module RF, microwave front-end, power amplifier load, RF test bench	Charge banc RF, charge VNA, module frontal RF, charge amplificateur RF, banc de mesure RF
<b>Intitules de postes</b>	RF engineer, antenna engineer, radar systems engineer, RF hardware engineer, microwave engineer	Ingenieur RF, ingenieur antennes, ingenieur micro-ondes, ingenieur systemes radar
<b>Autres composants associes</b>	Power dividers, combiners, directional couplers, coaxial components (BNC, SMA), passive RF components	Diviseurs de puissance, coupleurs directifs, composants coaxiaux, composants RF passifs

### Methode de prospection LinkedIn / SalesNavigator

Pour identifier les prospects pertinents, la methode consiste a croiser au minimum deux des trois criteres suivants :

- Une **entreprise appartenant aux secteurs cibles** identifiés (mesure RF, spatial, defense, telecoms specifique).
- Un **intitule de poste** correspondant aux profils cibles : RF engineer, antenna engineer, RF hardware engineer, radar systems engineer, microwave engineer.
- Des **mots-cles apparus dans le profil ou la description** du prospect : VNA, RF termination, waveguide, front-end module, S11, dummy load.

Les campagnes de prospection doivent etre **triees par secteur** afin d'identifier lequel repond le mieux et presente le plus d'interet : cela permet d'ajuster la priorisation commerciale en continu.

05

## Positionnement produit : FILAMAG-F comme charge RF

Les charges RF (aussi appelees charges fictives, dummy loads ou RF attenuators) sont des composants passifs qui permettent de terminer une ligne de transmission ou de tester un circuit en absorbant le signal sans le refleter. Elles sont utilisees dans les VNA, les emetteurs-recepteurs, les satellites et les bancs de test RF pour supprimer les reflexions, ajuster le niveau du signal et stabiliser l'integrite du signal sur une large plage de frequences.

La proposition d'HYMAG'IN consiste a produire ces charges via l'impression 3D FDM a partir du filament **FILAMAG-F**, un materiau absorbant developpe en interne. Contrairement aux charges fixes et standardisees des concurrents, cette approche permet de produire des geometries sur mesure adaptees aux contraintes specifiques de chaque systeme.

### Types de charges RF et contraintes techniques associees

Type	Usage	Contrainte principale	Reponse FILAMAG-F
<b>Reception (Rx) Faible puissance</b>	Terminaison de ligne de reception, protection de port inutilise sur VNA	Precision de l'adaptation d'impedance (50 Ohms), stabilite du S11 sur la bande	Geometrie pyramidale adaptable, impedance cible via forme et materiau
<b>Emission (Tx) Forte puissance</b>	Charge en sortie d'amplificateur, bancs de test puissance	Tenue en temperature : minimum +180 degres C. Dissipation thermique critique.	Point de vigilance : la tenue en temperature de FILAMAG-F doit etre documentee et qualifiee sur ce segment specifiquement.
<b>Transmission Haute frequence</b>	Petites dimensions (espace contraint), frequences elevees (>15 GHz)	Concentration de puissance dans un espace reduit, besoin de resistance thermique malgre la miniaturisation	Fort potentiel : geometries complexes en espace restreint, c'est exactement le terrain de la fabrication additive.

### Performances mesurees de FILAMAG-F sur les normes WR

Les charges imprimees en FILAMAG-F ont ete caracterisees sur l'ensemble des guides d'ondes standards. Les resultats demontrent une **attenuation S11 d'au moins -15 dB sur la bande 6 a 33 GHz**, avec les details suivants par sous-bande :

Norme guide d'ondes	Bande de frequence	Attenuation S11 mesuree	Commentaire
<b>WR-112</b>	6 a 10 GHz	<b>-30 dB ou mieux</b>	Performances excellentes sur basse bande. Segment VNA et mesure RF.

<b>WR-75</b>	10 a 15 GHz	<b>-30 dB ou mieux</b>	Couvre la bande radar et les systemes de mesure RF avances.
<b>WR-51</b>	15 a 22 GHz	<b>-20 dB ou mieux</b>	Bande K, pertinente pour les systemes radar et satellites. Bandes 18,8 GHz et 24 GHz couvertes.
<b>WR-34</b>	22 a 33 GHz	<b>-15 dB ou mieux</b>	Bande Ka. Couverture 5G mmWave (24/28 GHz), spatial, radars haute resolution. Bande 31 GHz couverte.

*Important : les graphes de resultats mesures ne sont pas reproduits dans ce document. Les chiffres d'attenuation cites correspondent aux performances qualifiees et communicables en contexte commercial.*

06

## Valeur differentiante et arguments commerciaux

Face a des concurrents qui proposent des produits standardises en grande serie, HYMAG'IN adresse un besoin que le marche ne couvre pas bien : des charges RF adaptees aux contraintes specifiques de chaque systeme, produites rapidement en petites quantites. Trois piliers structurent cette valeur differentiante.

### 0 **Adaptabilite 3D aux systemes pre-existants**

1 La fabrication additive FDM permet de produire des charges de n'importe quelle geometrie, adaptees aux espaces disponibles et aux guides d'ondes en place. Pas besoin de redessiner le systeme autour de la charge.

*Pour les petites series (spatial, defense, mesure), le cout unitaire d'une charge sur mesure via impression 3D est significativement inferieur a celui d'une charge usinee traditionnelle. Les delais de fabrication sont egalement reduits. Un seul produit adaptatif peut couvrir plusieurs besoins, la ou un catalogue traditionnel necessite de multiples references.*

### 0 **Origine francaise et europeenne : un argument de souverainete**

2 HYMAG'IN est un fabricant francais. Dans les secteurs de la defense, de l'aerospatial et des telecoms critiques, la question de l'origine du fournisseur est devenue strategique. Les donneurs d'ordre europeens cherchent activement des alternatives aux fournisseurs americains.

*La quasi-totalite des leaders du marche des charges RF (Amphenol, Mini-Circuits, Cinch, Panduit) sont americains. Dans le contexte geopolitique actuel, un fabricant europeen proposant des performances equivalentes beneficie d'un avantage croissant, notamment pour les appels d'offres de defense et les projets spatiaux europeens.*

### 0 **Expertise RF et accompagnement technique sur toute la demarche**

3 HYMAG'IN ne vend pas un produit catalogue : l'equipe comprend les enjeux RF, les contraintes CEM et les problematiques systeme des clients. L'accompagnement couvre l'ensemble de la demarche : specification, conception, tests, adaptation.

*Pour un ingenieur confronte a un probleme de reflexions ou d'instabilite RF, la valeur n'est pas dans un composant mais dans un partenaire technique capable de comprendre le probleme, de co-concevoir la solution et de la valider. C'est le positionnement que doit occuper HYMAG'IN.*

07

## Opportunités, freins et recommandations stratégiques

### Synthese des opportunités

- **Segment 3D non occupé par les leaders** : aucun concurrent établi ne propose de charges RF imprimées en 3D sur mesure. La fenêtre d'entrée est ouverte.
- **Croissance structurelle du marché** : +32 % de demande en composants haute fréquence, +27 % sur les terminaisons miniaturisées, développement massif de la 5G et de l'IoT industriel.
- **Souveraineté industrielle européenne** : la domination américaine du marché est une opportunité directe pour un acteur français dans le contexte actuel.
- **Marché mesure RF accessible à court terme** : segment de petites séries, clients techniques, décision rapide. C'est le point d'entrée le plus réaliste.
- **Bande de fréquence large et qualifiée** : FILAMAG-F couvre 6 à 33 GHz avec des performances mesurées et communicables sur les 4 normes WR standards.

### Freins identifiés et points de vigilance

#### ! Tenue en température sur les charges Tx

Les charges en émission (forte puissance) requièrent une tenue minimale de +180 degrés C. Ce point doit être documenté et qualifié pour FILAMAG-F avant d'adresser ce segment. Ne pas le promettre sans validation.

#### ! Difficultés d'accès au secteur telecoms

HYMAG'IN a identifié des difficultés à comprendre et adresser les enjeux prospectifs dans les telecoms. Ce marché, bien qu'en forte croissance, nécessite un travail d'approche spécifique et une montée en compétence sur les enjeux sectoriels.

#### ! Qualification et normes

Les clients habituels des charges RF (spatial, défense) sont très exigeants sur les certifications et normes. Il faut maîtriser le langage normatif (WR-XX, S11, impédance 50 Ohms) et être carré sur les exigences auxquelles les clients sont soumis.

#### ! Passage à l'échelle sur la 3D

La précision de l'impression 3D est un enjeu opérationnel clé pour garantir les performances RF (absorption optimale, limitation des réflexions parasites). Ce point doit être maîtrisé et les garanties de qualité clairement articulées sans être explicitement mis en avant comme un challenge.

### Recommandations stratégiques

- **Prioriser le marché mesure RF (labos, bancs de test) comme point d'entrée** : cycle de vente le plus court, clients techniques, petites séries adaptées au modèle HYMAG'IN.
- **Qualifier la tenue en température de FILAMAG-F** avant d'adresser les segments charges Tx forte puissance.

- **Construire une page de documentation technique communicable** sur les performances S11 par norme WR, sans reproduire les graphes. Les chiffres d'attenuation par sous-bande sont des arguments de vente directs.
- **Adopter une approche en deux niveaux dans les communications** : mots-cles techniques pour les experts RF (S11, dummy load, WR-XX), approche pedagogique pour les ingenieurs systeme (expliquer le probleme avant la solution).
- **Capitaliser sur l'origine francaise** dans les communications destination defense et aerospatial europeen : c'est un differenciant qui prend de la valeur chaque mois.
- **Mettre en place un suivi sectoriel des campagnes** de prospection LinkedIn pour identifier quel secteur repond le mieux et ajuster la priorite commerciale en continu.

---

*Note : Ce document existait prealablement sous une forme de notes de travail internes. Sa structuration, sa mise en forme et sa mise a jour ont ete realisees a l'aide de l'intelligence artificielle (Claude, Anthropic) afin d'en ameliorer la lisibilite et la coherence pour un usage strategique interne.*