



Technologie Range to Fault

White Paper

Par Tom Bell et John Nankivell

Table des matières

1. Introduction	1
2. Matériel d'essai/processus d'essai IMP existants	2
3. Limitations analytiques/techniques du nouveau RTF	3
4. Diagramme du processus d'un essai d'IMP, y compris RTF	5
5. Données du site utilisé en exemple	6
6. Conclusion	9

1. Introduction :

L'intermodulation passive (IMP) est reconnue comme un problème dans le secteur des systèmes de communication depuis près de 50 ans. Le phénomène survient lorsque deux signaux ou plus rencontrent une jonction non linéaire et que des fréquences « enfants », mathématiquement liées aux signaux « parents », sont générées. Avec l'avènement des communications cellulaires, le problème de l'IMP a gagné en visibilité en raison de l'impact que peuvent avoir ces signaux indésirables sur la qualité du service en interférant avec les canaux de liaison montante (réception) de la station de base ou en les bloquant.

Un matériel d'essai d'IMP a été introduit par Kaelus (ex-Summitek Instruments) en 1996 pour permettre aux fabricants de matériel RF de vérifier la performance de leurs produits en termes d'IMP. En 2005, Kaelus a lancé un matériel d'essai IMP portatif permettant aux opérateurs de réseau d'effectuer des essais IMP sur le terrain. Ceux-ci se sont révélés efficaces pour identifier les composants endommagés pendant le transport ainsi que les problèmes d'installation humaine sur les infrastructures RF. Depuis, les essais IMP sur le terrain sont devenus, pour les opérateurs sans fil du monde entier, un test indispensable pour garantir la performance optimale des systèmes.

Les essais IMP diffèrent des essais ROS traditionnels en ce qu'un stimulus mécanique (tapotement ou flexion) doit être appliqué pendant l'essai pour garantir qu'il soit concluant. Si l'IMP dépasse un certain seuil pendant les essais dynamiques, le composant ou la connexion desserrée doivent être réparés ou remplacés. Dans la plupart des cas, il est relativement simple de localiser la source de l'IMP : le problème se trouve à l'endroit où vous tapez.

Il peut arriver que des défauts d'IMP ne produisent pas d'importants pics de magnitude lors des essais dynamiques. Localiser ces sources d'IMP « sans réaction » ou « statiques » est plus difficile, et prend souvent du temps. Pour remédier à ce problème, Kaelus a développé une technologie Range to Fault (RTF) similaire à celle employée dans les essais ROS pour contribuer à localiser ces sources d'IMP statiques. Le présent document aborde les atouts et les limitations de cette nouvelle technologie, ainsi qu'une méthode d'essai recommandée pour déployer l'analyse RTF sur le terrain.



2. Matériel d'essai/processus d'essai IMP existants :

Le matériel d'essai d'intermodulation passive transmet deux signaux d'essai de 20 W (+43 dBm) dans la ligne ou le dispositif à tester. Si les signaux d'essai rencontrent une jonction non linéaire, un mélange se produit, entraînant la génération des fréquences d'IMP. Le matériel d'essai IMP mesure la magnitude de l'IMP générée par les signaux d'essai et affiche l'information à l'intention de l'opérateur de l'essai.

Le 3^{ème} produit d'ordre (IM3) est utilisé pour caractériser la performance IMP, à la fois en usine et sur le terrain. Le signal IM3 généré par une jonction non linéaire est généralement d'une magnitude plus importante que celui des autres produits d'IMP, ce qui permet une plus grande précision des mesures. Les produits d'ordre supérieurs (IM5, IM7, IM9, etc.) déclinent généralement en magnitude de 5 à 10 dB pour chaque produit d'IMP successif. En contrôlant l'IM3 du système à un niveau spécifique, les produits d'ordre supérieurs (qui sont davantage susceptibles de tomber dans la propre bande Rx de l'opérateur) seront maintenus en-dessous du niveau IM3 spécifié.

Les fréquences d'essai spécifiques utilisées pour provoquer les défauts d'IMP dans une station de base ne sont pas critiques tant que les critères suivants sont réunis :

- Tous les composants RF du chemin (câbles, antennes, amplificateurs sur tour, etc.) doivent pouvoir passer les deux fréquences d'essai et la fréquence IM3 que vous mesurez.
- Les deux fréquences d'essai **doivent** être dans le spectre assigné sous licence à l'opérateur, ou être des fréquences de bande de garde entre des blocs de fréquences assignés sous licence, pour prévenir les interférences avec d'autres opérateurs. Cela s'applique à tous les essais système lors desquels les fréquences d'essai seront diffusées par l'antenne.
- Les deux fréquences d'essai doivent être sélectionnées de façon à produire IM3 dans la bande de réception de ce système. Cela exigera généralement des tonalités d'essai avec un espacement entre fréquences plus important que celui pouvant être obtenu dans le bloc de fréquences attribué sous licence pour un marché donné. Pour cette raison, au moins une fréquence de bande de garde devra être sélectionnée.

Pendant l'essai IMP, tous les composants et connexions RF de la ligne doivent être soumis à des conditions d'essai dynamique. Si un composant ou une connexion RF génère des niveaux d'IMP inacceptables lorsqu'il/elle est soumis(e) à une contrainte mécanique légère, il/elle doit être réparé(e). La réussite d'un essai IMP dynamique garantit que l'infrastructure RF est robuste et fonctionne correctement lorsqu'elle est exposée aux rigueurs environnementales normales causées par le vent et les températures extrêmes.

Lors de l'essai d'une station de base, il est recommandé qu'un essai IMP statique préliminaire soit réalisé afin d'évaluer l'état de départ du système. Si le système passe l'essai statique avec succès, l'opérateur procédera directement à l'essai dynamique. Dans le cas contraire, l'opérateur doit déconnecter le système d'alimentation de l'antenne et installer une charge IMP basse à l'extrémité de la ligne. Cette méthode permet à l'équipe d'essai d'isoler le système d'alimentation afin de régler les problèmes d'IMP indépendamment de l'antenne et des objets couverts par l'antenne. Une fois que la ligne d'alimentation réussit l'essai dynamique, elle peut être reconnectée à l'antenne pour vérifier la performance du système.

Sur certains sites, en particulier les installations sur les toits, la source d'IMP peut se trouver au-delà de l'antenne. Étant donné que les sources d'IMP externes ne sont généralement pas du ressort de l'équipe d'installation, les opérateurs s'appuient habituellement sur les trois conditions suivantes pour confirmer que le site a été construit conformément aux spécifications, même en cas d'échec à l'essai IMP :

- 1) Réussite de l'essai de ligne d'alimentation dynamique (charge IMP basse)
- 2) Réussite de l'essai de l'antenne (antenne pointée vers le ciel)
- 3) Échec de l'essai système lorsque l'antenne qui a réussi l'essai et la ligne qui a réussi l'essai sont combinées

3. Limitations analytiques/techniques du nouveau RTF:

La technologie Range to Fault (RTF) de Kaelus est un outil d'analyse conçu pour améliorer, et non remplacer, les essais IMP à tonalité fixe standards. La solution RTF inclut le matériel et le logiciel de traitement de signal supplémentaires nécessaires pour transformer les informations sur la fréquence en courbes du domaine temporel à l'aide de transformées de Fourier rapides (FFT) et d'algorithmes de traitement numérique inversement proportionnels. La technologie RTF est semblable à la fameuse fonction Distance to Fault (DTF) largement utilisée dans les stations de base pour localiser les défauts de ROS.

RTF fonctionne en transmettant deux fréquences d'essai de 20 W (+43 dBm) dans le système testé. L'une des fréquences d'essai est fixe, tandis que la seconde balaie une gamme de fréquences pour produire des produits d'IM dans la bande de réception du système testé. Étant donné que l'analyse RTF exige que des signaux de haute puissance soient balayés en dehors des fréquences assignées sous licence à l'opérateur, **cet essai doit uniquement être réalisé sur des systèmes terminés par une charge IMP basse** afin d'éviter toute interférence.

L'algorithme FFT inversement proportionnel est utilisé pour reconstituer les impulsions du domaine temporel en additionnant numériquement les composants de phase et d'amplitude quantifiés de chaque fréquence impliquée dans le calcul. Plus il y a de largeur de bande disponible pour analyse, plus les fronts d'impulsions mathématiques seront tranchants, permettant une meilleure résolution des sources d'IMP les plus proches.

Lorsque la résolution est définie comme la distance entre deux impulsions d'amplitude égale séparées par une valeur nulle de 6 dB, la résolution en mètres qui peut être obtenue grâce à cette analyse est exprimée par l'équation suivante :

$$\Delta d = 150 \text{ vf} / \text{BW}$$

Où : Δd = résolution en mètres

vf = facteur de vitesse (% de la vitesse de la lumière)
 BW = largeur de bande balayage
 IMP en MHz

En utilisant le spectre SCP comme exemple (Tx = 1930–1990 MHz et Rx = 1850–1910 MHz), la plage de balayage IM3 maximum pouvant être obtenue dans la bande Rx SCP à l'aide de deux tonalités Tx SCP est 40 MHz. On obtient ce résultat en maintenant l'une des fréquences d'essai à 1930 MHz et en balayant l'autre entre 1950 et 1990 MHz. Cette combinaison de fréquences générera des produits IM3 allant de 1870 à 1910 MHz dans la bande Rx SCP. En utilisant ces

40 MHz de largeur de bande IM3 balayée et un facteur de vitesse de câble de 0,88, la résolution maximum que l'on peut obtenir en utilisant uniquement un spectre SPC est **3,3 m**. Même si Kaelus utilise des techniques de traitement du signal exclusives pour améliorer la résolution, la précision absolue de l'algorithme de prédiction est affectée lorsque de multiples sources d'IMP sont situées dans la distance de résolution minimale sur la ligne.

La manière la plus efficace d'utiliser l'analyse RTF consiste à retirer systématiquement la source d'IMP ayant l'amplitude la plus importante identifiée sur la ligne. Répétez l'analyse et continuez de retirer la source d'IMP la plus importante trouvée jusqu'à ce que toutes les sources d'IMP statiques significatives aient été retirées. Quelle que soit sa position sur la ligne, la distance vis-à-vis de la source d'IMP la plus importante sera prédite de la façon la plus précise par l'algorithme. À chaque réparation d'une source d'IMP, la précision de la localisation de la prochaine source d'IMP la plus importante s'améliorera.

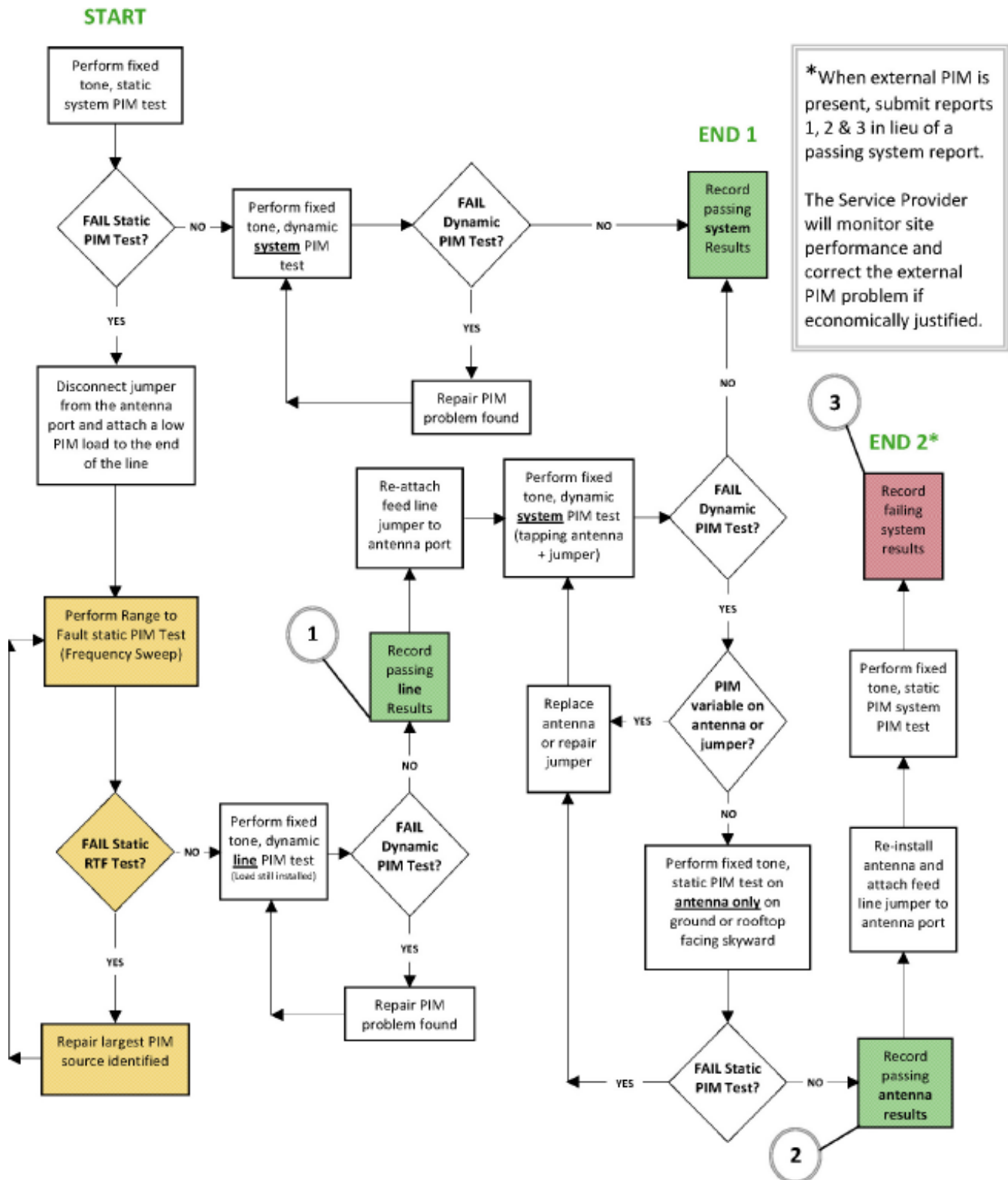
Comme nous l'avons déjà dit, l'analyse RTF ne remplace pas l'essai IMP dynamique. L'analyse RTF complète l'essai sur site et accélère potentiellement le retrait des sources d'IMP statiques dans la station de base. Toutefois, il ne faut pas s'appuyer exclusivement sur l'analyse seule pour certifier la qualité de la construction, car :

- Connaître la portée avant un défaut offre un point de départ utile mais ne garantit pas qu'il n'y a pas d'autres sources d'IMP cachées dans le système d'alimentation RF
- La valeur absolue de la magnitude IMP RTF peut ne pas être exacte en raison de la distorsion générée par le temps de propagation de groupe des dispositifs RF tels que parafoudres, filtres, amplificateurs sur tour, etc.
- Des sources d'IMP « fantôme » peuvent être créées comme produit des mathématiques et/ou par des désadaptations d'impédance dans le système qui reflètent l'IMP générée à différents endroits sur la ligne

Le diagramme du processus de la Section 4 illustre la manière correcte d'utiliser l'analyse RTF lors des essais d'IMP d'une station de base. Les cellules en jaune représentent la boucle d'essai RTF pour le retrait des sources d'IMP statiques.

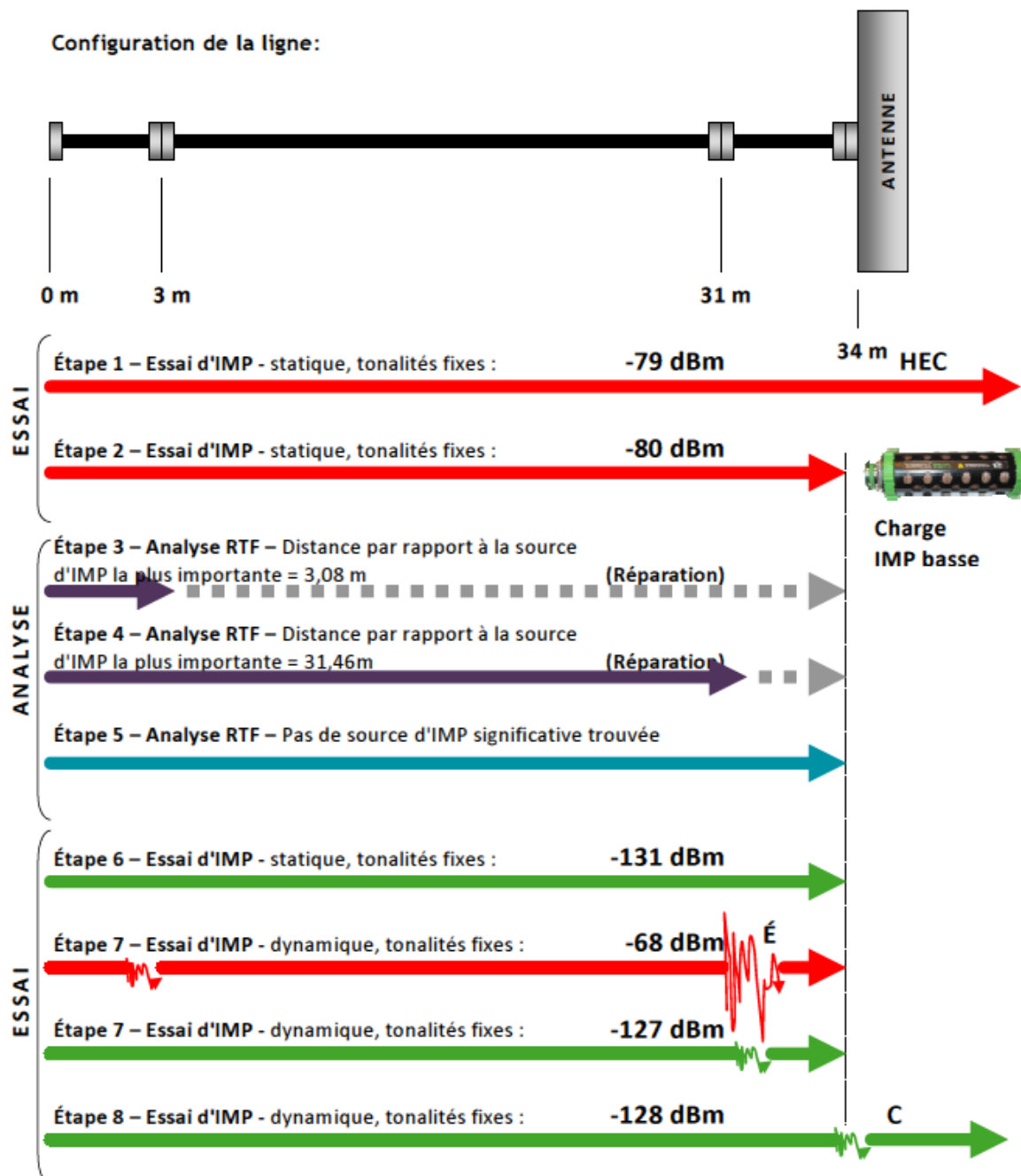
Les données présentées en Section 5 représentent les mesures effectivement enregistrées lors de la réparation (conformément au diagramme du processus) d'un système présentant plusieurs problèmes d'IMP statiques et dynamiques sur la ligne.

Diagramme du processus d'un essai d'IMP, y compris l'analyse RTF:



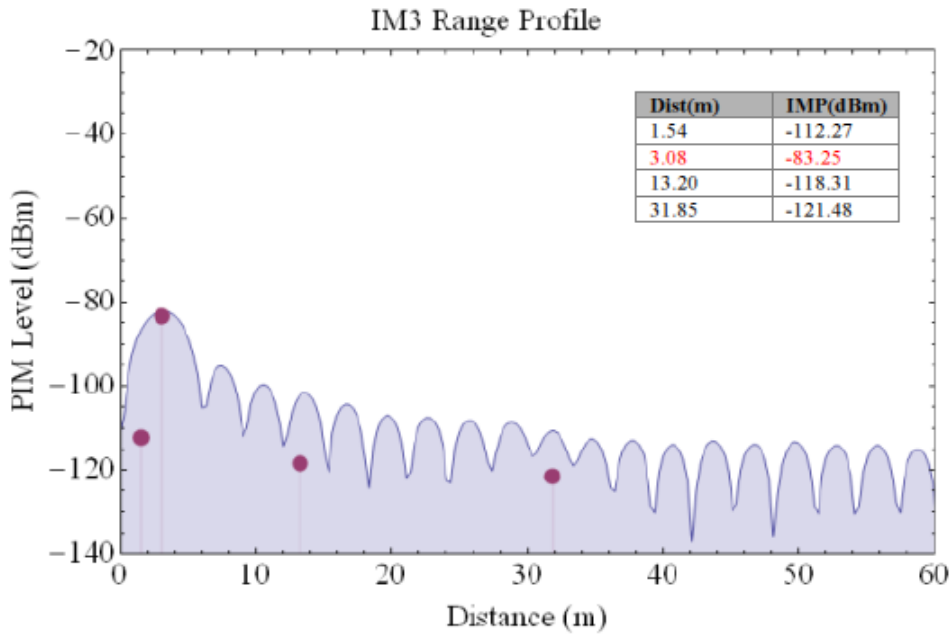
5. Donn'ees du site utilis'en exemple:

L'émelw suivant montre les résultats d'essais effectifs d'une ligne d'alimentation présentant drivers
 Problèmes d'IMP statiques et dynamiques. Les résultats montrent non seulement l'avantage de la Technologie RTF, mais confirment également l'importance des essais d'IMP dynamiques dans une station de base.

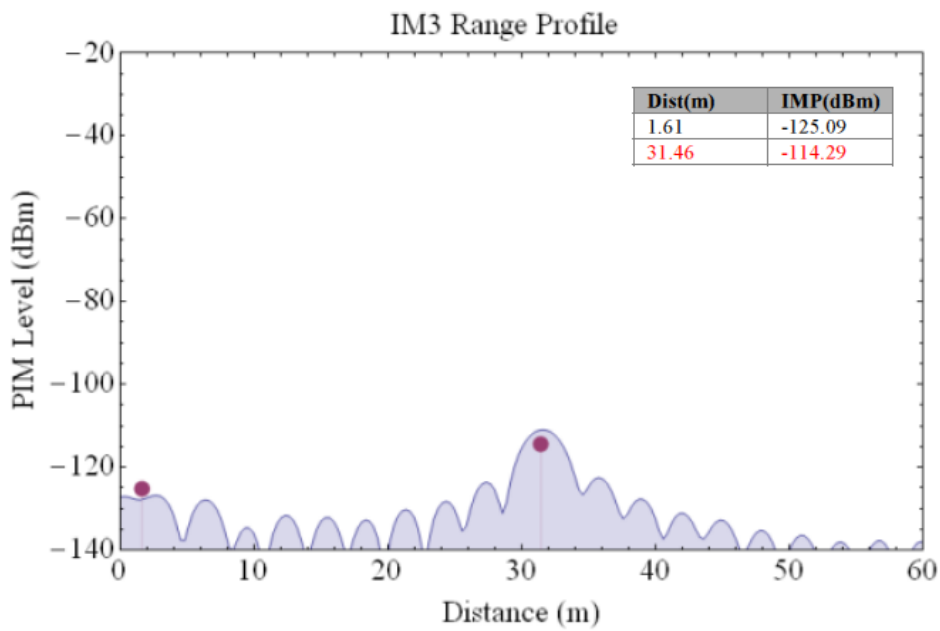


Sélection de rapports / captures

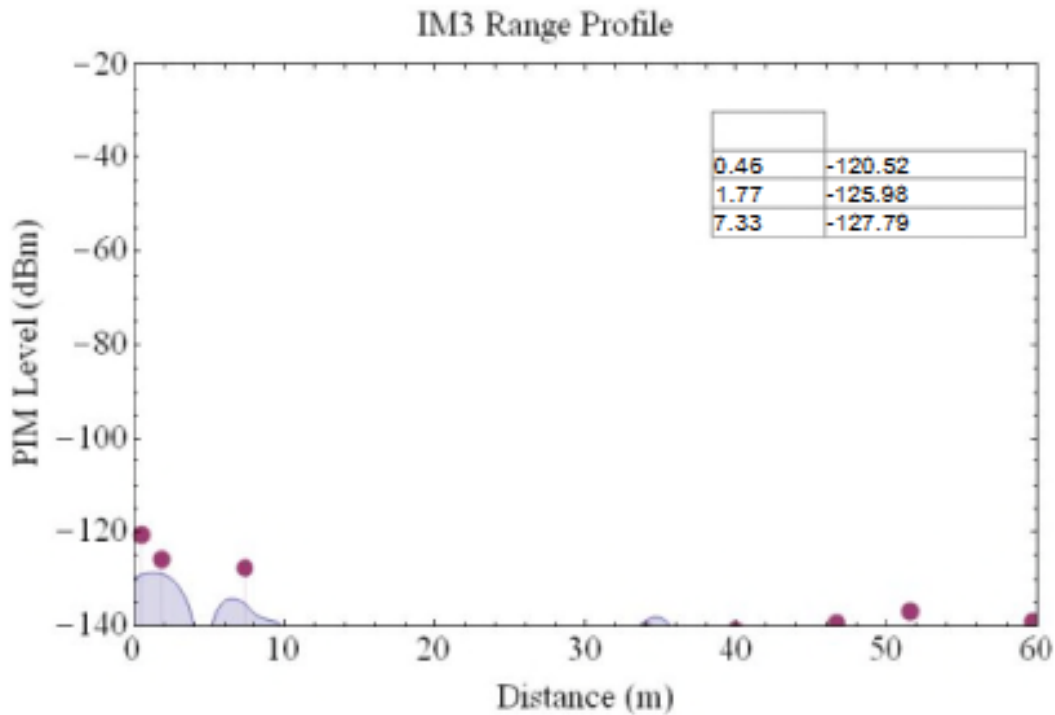
d'écran: Étape 3 – 1^{ère} analyse RTF



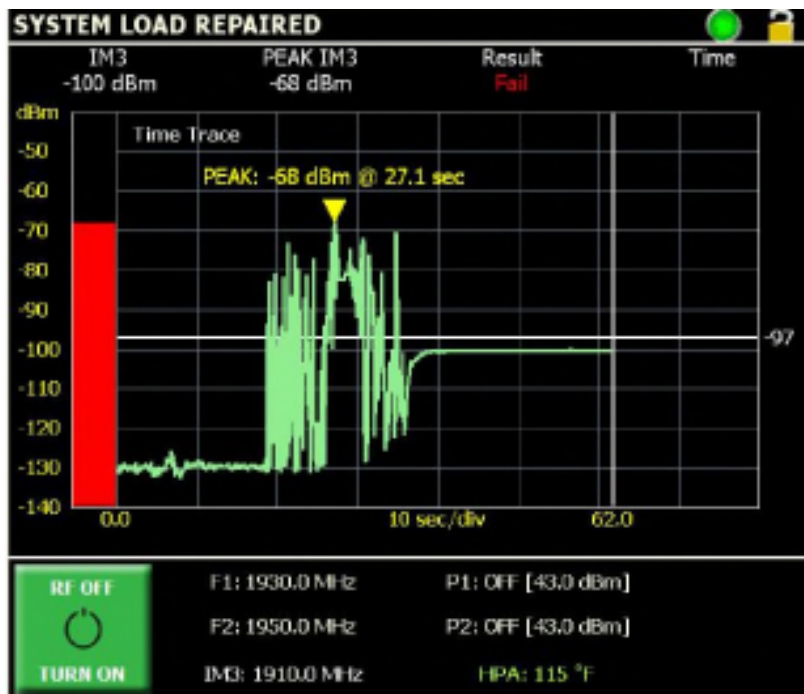
E'tape 4 – 2e'me analyse RTF (apre's re'paration de la source d'IMP a' 3 m)



E'tape 5 – Analyse RTF finale (apre's re'paration des sources d'IMP a' 3 m et 31 m)



E'tape 7 – R'esultats de l'essai d'IMP dynamique (montrant que le proble'me d'IMP n'a pas 'ete d'etect'e par l'essai d'IMP statique ou l'analyse RTF0



6. Conclusion:

Comme le montre l'exemple ci-avant, l'analyse RTF permet de localiser avec précision de multiples sources d'IMP statiques dans l'infrastructure RF. Dotées de ces informations et en respectant la procédure d'essai prescrite, les équipes d'essai IMP devraient pouvoir réparer les sites plus rapidement et réduire la variabilité quant à la durée des interventions d'un site à l'autre.

Comme le démontre également l'exemple ci-avant, l'analyse RTF ne remplace pas la nécessité d'un essai IMP dynamique du système d'alimentation RF. L'analyse RTF prédira avec précision l'emplacement des sources d'IMP statiques qu'elle est en mesure de voir, mais n'identifiera pas les sources d'IMP qui sont uniquement provoquées par une contrainte mécanique.

Et enfin, l'analyse RTF est un essai de fréquence balayée, et doit uniquement être réalisée sur des systèmes terminés par une charge IMP basse. Tester dans une charge préviendra la diffusion de fréquences d'essai à haute puissance en dehors du spectre attribué sous licence à l'opérateur, et éliminera la possibilité d'interférence.



Continent américain
+1.303.768.8080