

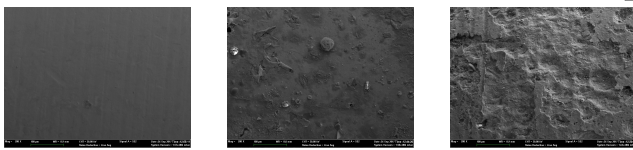
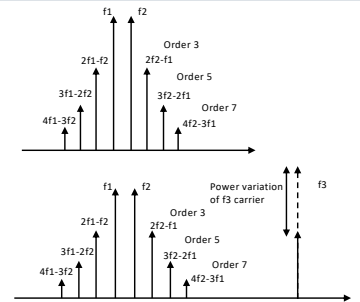
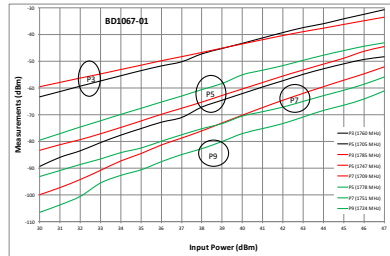
Caractère fractal des non-linéarités passives et croissance suivant une pente non-entière de la puissance des produits d'intermodulation

Auteurs : Sombrin Jacques, NOLIPLA, Laboratoire TESA, Toulouse

Contact : jacques.sombrin@tesa.prd.fr

Résultats des mesures de non-linéarités passives

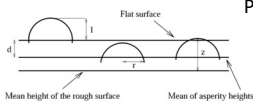
- Pente non entière en fonction de la puissance des porteuses
- Modèle comportemental non-analytique nécessaire pour simuler correctement cette pente, exemple $y = \text{signe}(x)|x|^\alpha$ avec $\alpha \approx 2,5$
- Permet de prédire d'autres caractéristiques mesurées :
 - Étagement des produits conforme au modèle
 - Diminution de la puissance d'un produit (i. e. 2f2-f1) quand on augmente la puissance d'une porteuse qui n'y participe pas (i. e. f3)



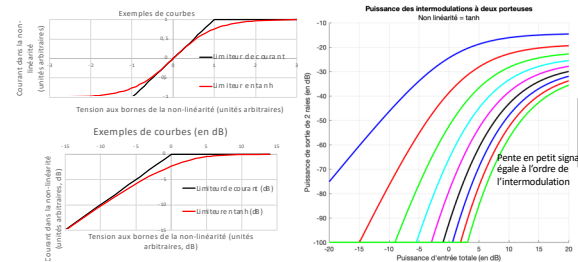
Photos de contacts coaxiaux Copyright Qiyuan Jin

Caractère fractal des non-linéarités passives

- Contacts oxydés, rouillés, couche d'isolant ou en mauvais état
- Ferrites, matériaux magnétiques
- Bavures, fibres de carbone coupées des réflecteurs d'antennes

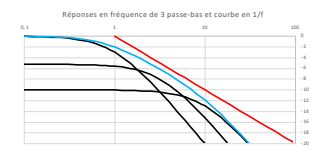
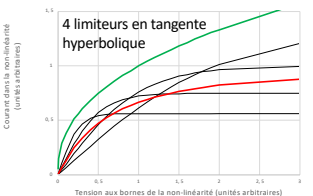
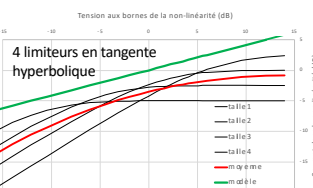
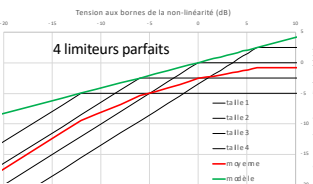


Modèle classique de rugosité (Vicente et al., 2005)



Les modèles classiques utilisent une réponse non-linéaire moyenne ce qui élimine le caractère fractal du phénomène

- On retrouve dans le modèle la courbe supposée au départ (le plus souvent un limiteur idéal transformé en une tangente hyperbolique pour être analytique)
- Il faut augmenter le nombre de paramètres, augmenter le degré ou bien utiliser une solution ad-hoc pour faire coller le modèle à certaines mesures

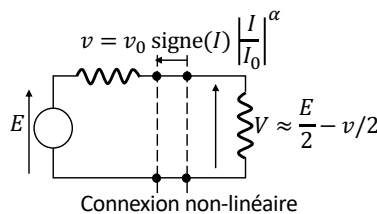


La prise en compte du caractère fractal permet d'obtenir une pente non entière comprise entre 0 et 1

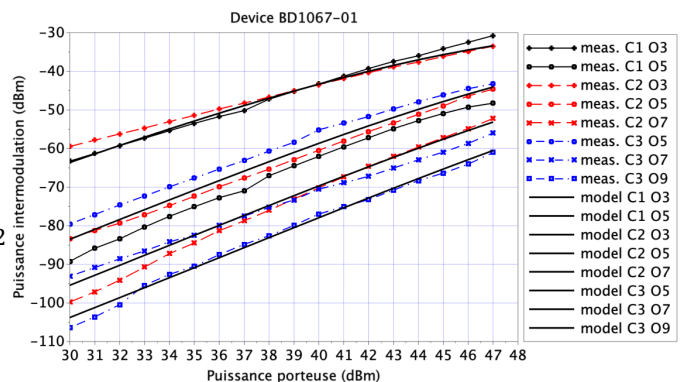
- Chaque générateur de non-linéarité donne une courbe homothétique, décalée suivant les deux axes (en dB) en fonction de la taille du grain et de nombre de grains de cette taille
- La sommation d'un nombre suffisant de courbes (au minimum 4) est très différente de la courbe prototype utilisée pour chaque grain
- Dans la gamme de puissances utiles, elle dépend très peu de la forme de la courbe prototype
- Elle dépend surtout d'une dimension fractale, le rapport entre les décalages suivant les deux axes (en dB) soit le rapport des logarithmes des coefficients d'homothétie en courant et en tension
- On peut obtenir une courbe donnant le courant en fonction de la tension avec une pente moyenne de l'ordre de $\beta = 0,4$ (en dB/dB)
- La courbe inverse, tension en fonction du courant, qui génère les intermodulation, a une pente de l'ordre de $\alpha = 1/\beta = 2,5$ (en dB/dB), ce qui correspond bien aux mesures et au modèle comportemental

$$I = \sum i = I_0 \text{signe}(v) \left| \frac{v}{v_0} \right|^\beta$$

$$v \ll E \quad I \approx E/2R$$



Comparaison des mesures et du modèle fractal



Méthode semblable à celle utilisée pour retrouver des dérivées et intégrations non entières (ou fractionnaires comme -1/2) dans des modèles physiques comme celui du bruit en 1/f et des applications comme la commande CRONE à partir d'une somme de trois passe-bas décalés. On ne peut pas augmenter ou diminuer le degré d'un entier mais on peut inverser la courbe non-linéaire