

Développement d'un banc de test pour l'extraction de modèles fréquentiels des composants soumis à de fortes puissances impulsionnelles sur la base d'un générateur TLP

Fabrice Caignet, Alexandre Boyer
Nicolas Nolhier

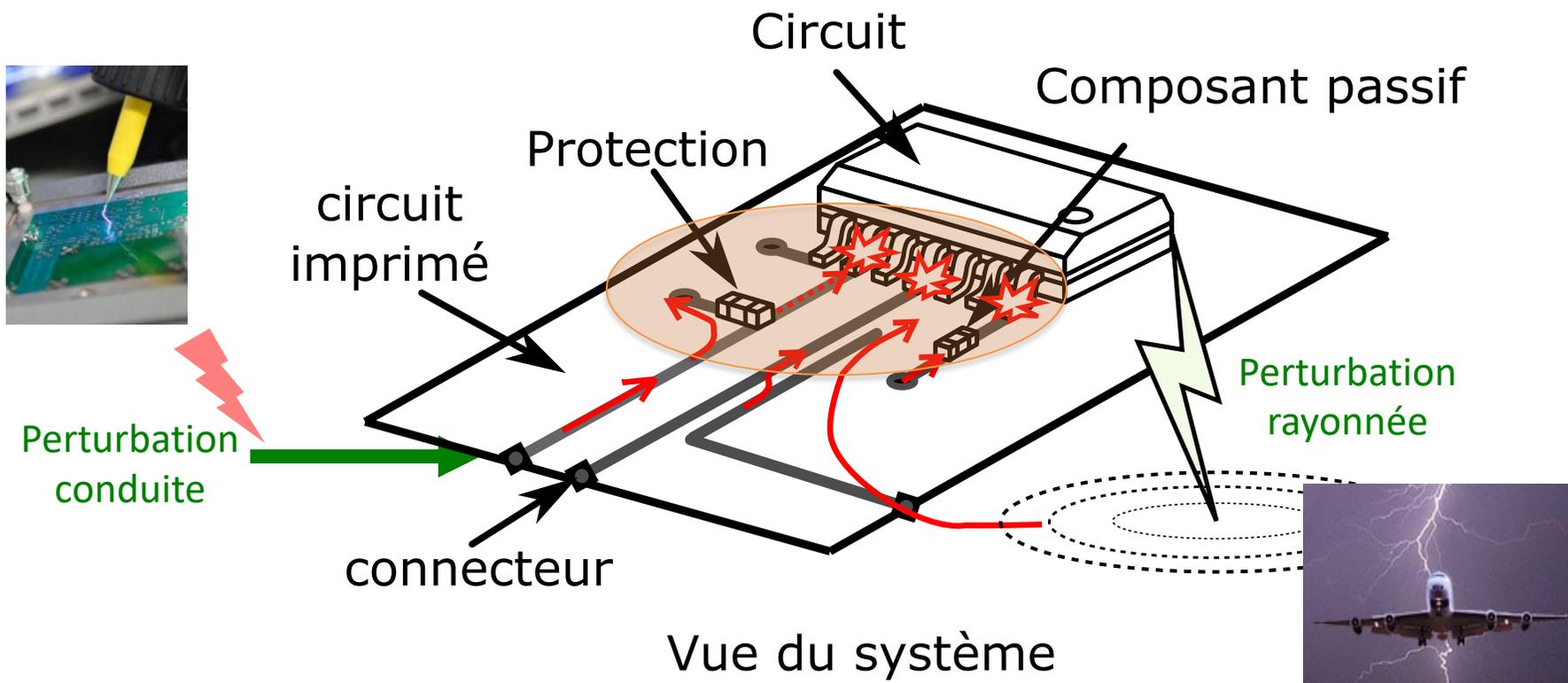
fcaignet@laas.fr, alexandre.boyer@laas.fr; Nolhier@laas.fr



- **Contexte - Problématique et enjeux**
- **Banc TLP pour l'extraction de modèles
fréquentiels**
- **Résultats & Validations expérimentales**
- **Extension pour l'analyse du vieillissement des
composants**
- **Conclusion**

- **Contexte - Problématique et enjeux**
- Banc TLP pour l'extraction de modèles
fréquentiels
- Résultats & Validations expérimentales
- Extension pour l'analyse du vieillissement des
composants
- Conclusion

Principale question : comment se comporte le système électronique soumis à un ESD/EFT?



Comment prédire et caractériser l'impact des ESD/EFT?

Problématique de prédiction

Obtenir un modèle pour les protections (système & circuit) ?

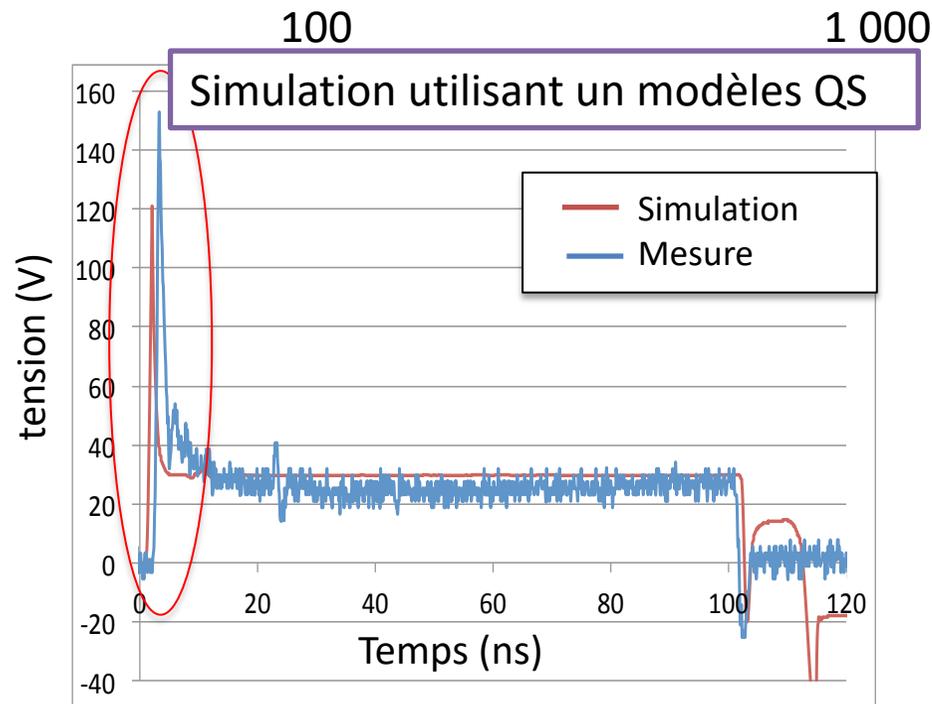
High energy

Low energy

Spectre des stress impulsionnels

Quasi static (QS) model

Dynamic model



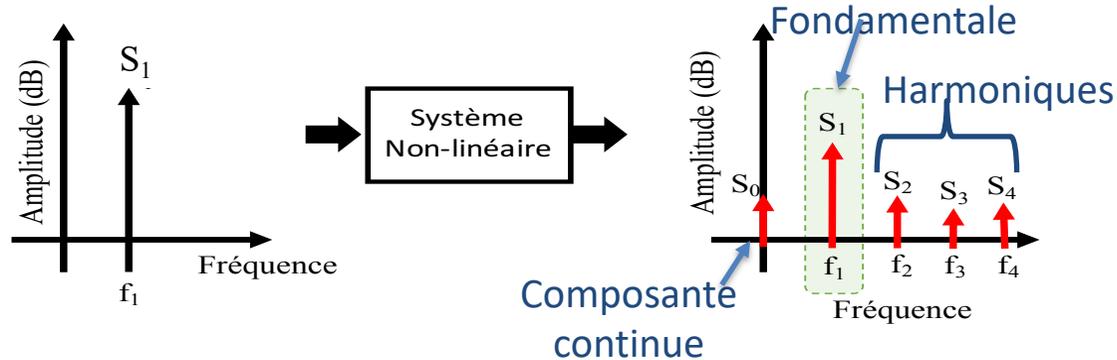
Mauvaise prédiction des surtensions
lors de l'utilisation des modèles quasi-
statiques

Seuls des modèles dynamiques
permettraient de prédire correctement
les surtensions

Utilisation de modèles fréquentiels

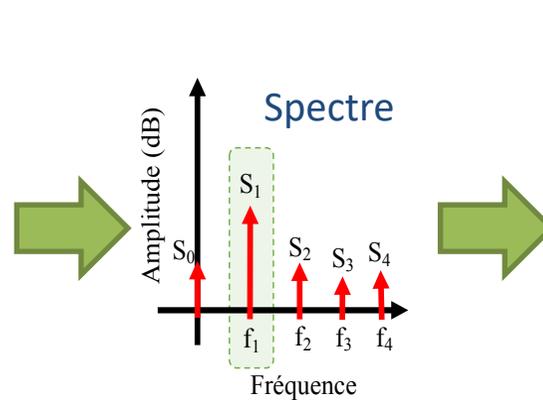
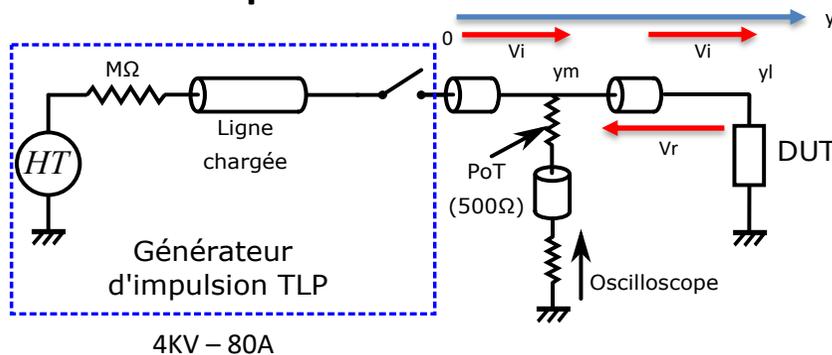
- Contexte - Problématique et enjeux
- **Banc TLP pour l'extraction de modèles
fréquentiels**
- Résultats & Validations expérimentales
- Extension pour l'analyse du vieillissement des
composants
- Conclusion

Cas des systèmes non-linéaires



Hypothèse de linéarité invariante dans le temps (LTI : Linear Time invariance) pour une puissance

TLP-TDR setup



$$\Gamma(t) = \frac{V_r(y_l, t)}{V_i(y_l, t)}$$

$$V_m(y_m, t) = V_i(y_m, t) + V_r(y_m, t)$$

$$S_{11} = \frac{b_1}{a_1} = \frac{V_{réfléchie}(f)}{V_{incident}(f)}$$

$Z(f)$

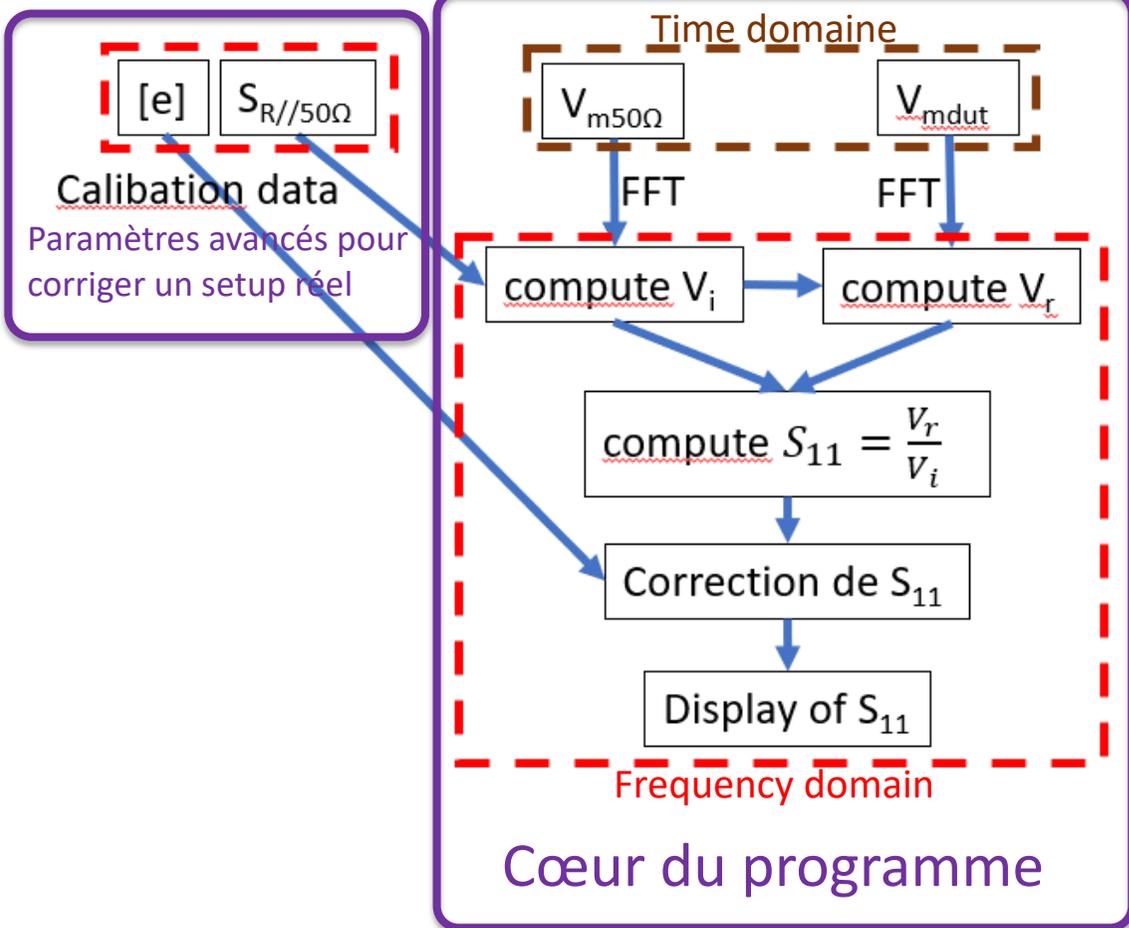
Le TLP : HPPI TLP-8010C

Générateur d'impulsion adapté 50 Ω

- Durée typ. 100 ns \rightarrow durée 1 ns min et 500 ns max
- Temps de montée entre **100 ps** et 10ns
- Tension sur co 2 kV max x2 (4 kV en HCTLP x4)
- Courant de cc 40 A max x2 (80 A en HCTLP x4)
- Sonde HT et HF



Méthode de calcul pour l'extraction des paramètres S



Contraintes réelles

Câbles ,PoT, Oscilloscope introduisent de multiples réflexions qui doivent être corrigées

↓

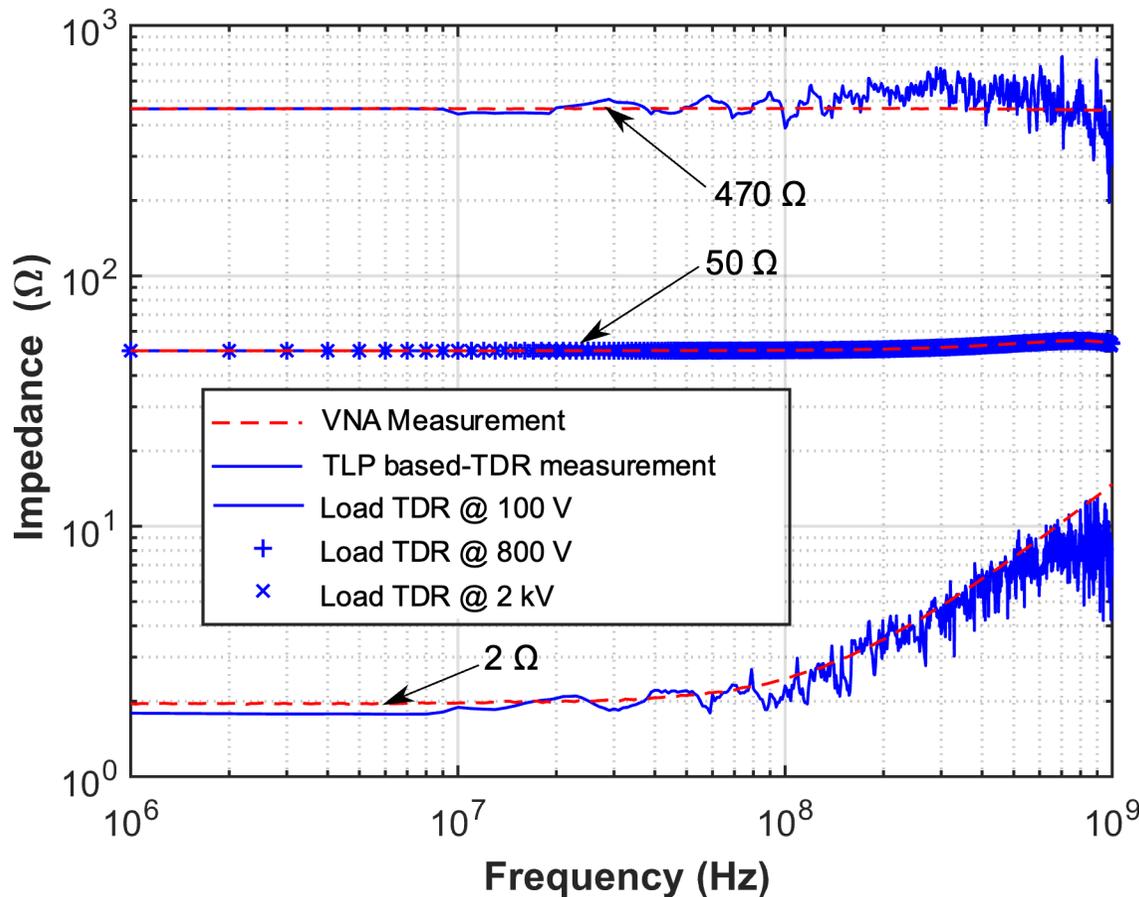
Nécessité de déterminer des coefficients de correction

- $[e]$ est la matrix de correction due au setup
- $S_{R//50\Omega}$ est la valeur de S_{11} sur 50Ω vue depuis l'oscilloscope

Les données sont obtenues avec un oscilloscope à 12 GHz de BW et traitées sous Matlab

- Contexte - Problématique et enjeux
- Banc TLP pour l'extraction de modèles
fréquentiels
- **Résultats & validations expérimentales**
- Extension pour l'analyse du vieillissement des
composants
- Conclusion

Mesures de résistances...



Validation sur l'extraction de résistances (Le VNA est utilisé comme référence)

- Validation sur des résistances 470Ω et 2 Ω → 100V TLP
- Comparaison 50 Ω → 100, 800 et 2kV

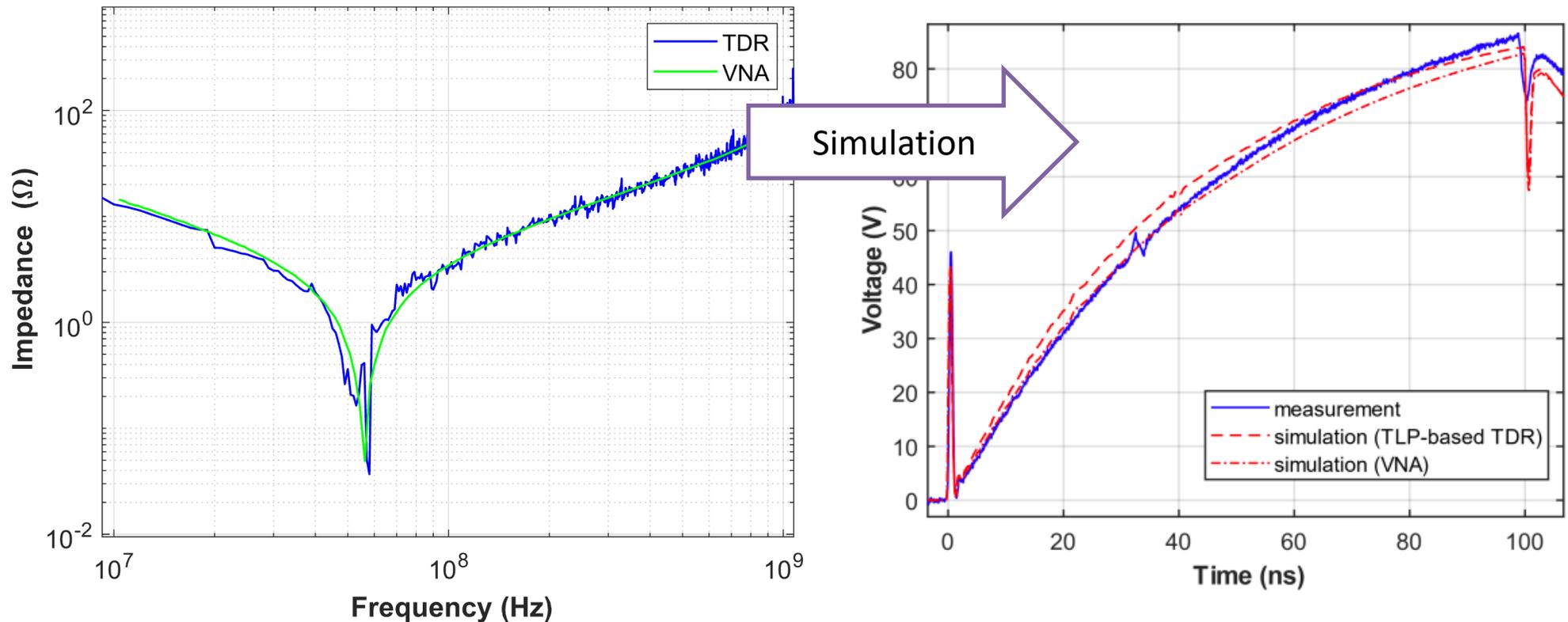
Bonne correspondance avec la mesure VNA

Bémol :

- Estimation des valeurs de résistance hautes et basse moins bonnes
- bruit résiduel en haute fréquence

Validation expérimentale sur un condensateur

Validation sur une capacité COG de 1nF
Injection TLP 100V-2A, Tr =100ps Ton : 100ns

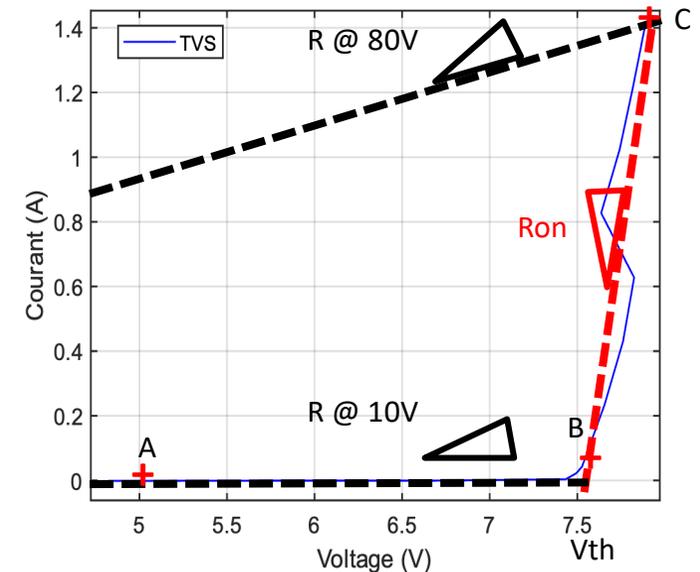
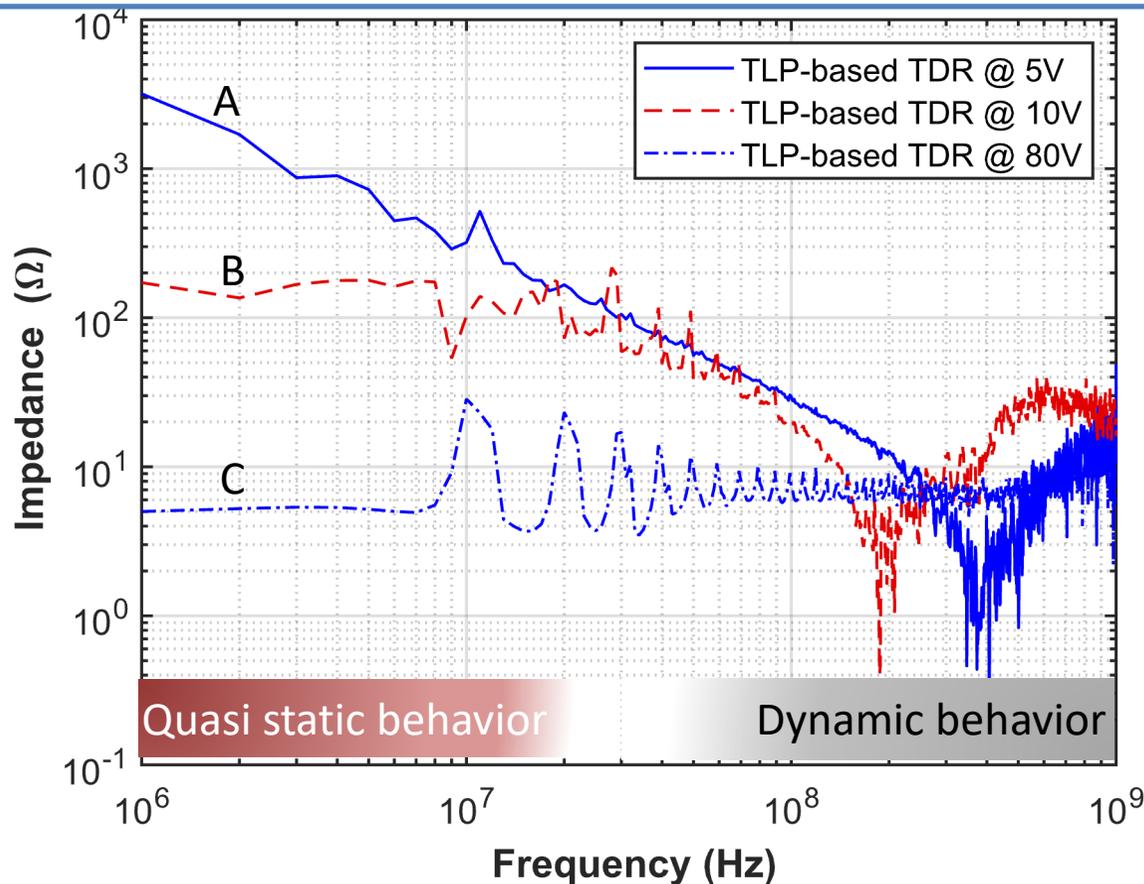


Meilleure corrélation avec la reconstitution TDR par rapport à celle au VNA
→ le modèle fréquentiel marche donc bien sur un cas linéaire.

Mesure composant non linéaire

TVS, ($V_{th} = 7V$, boîtier CMS 0805)

S parameters pour des injections à 5V (A), 10V (B) and 80V C)



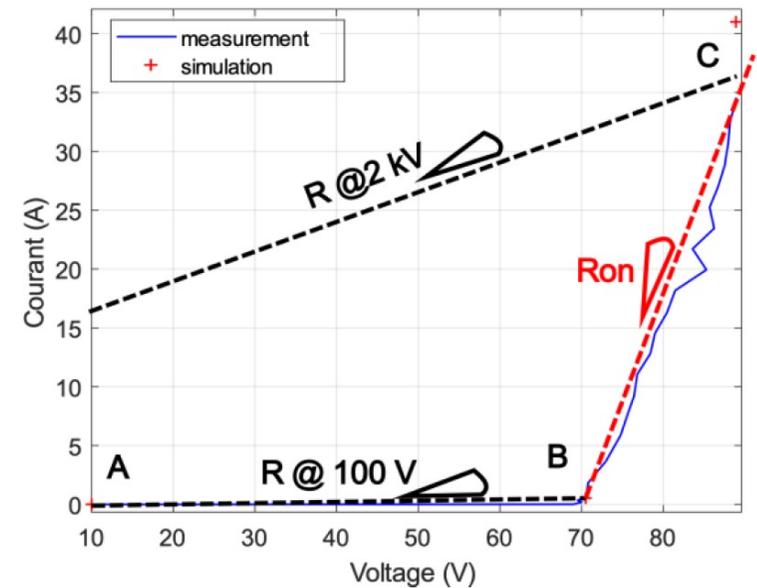
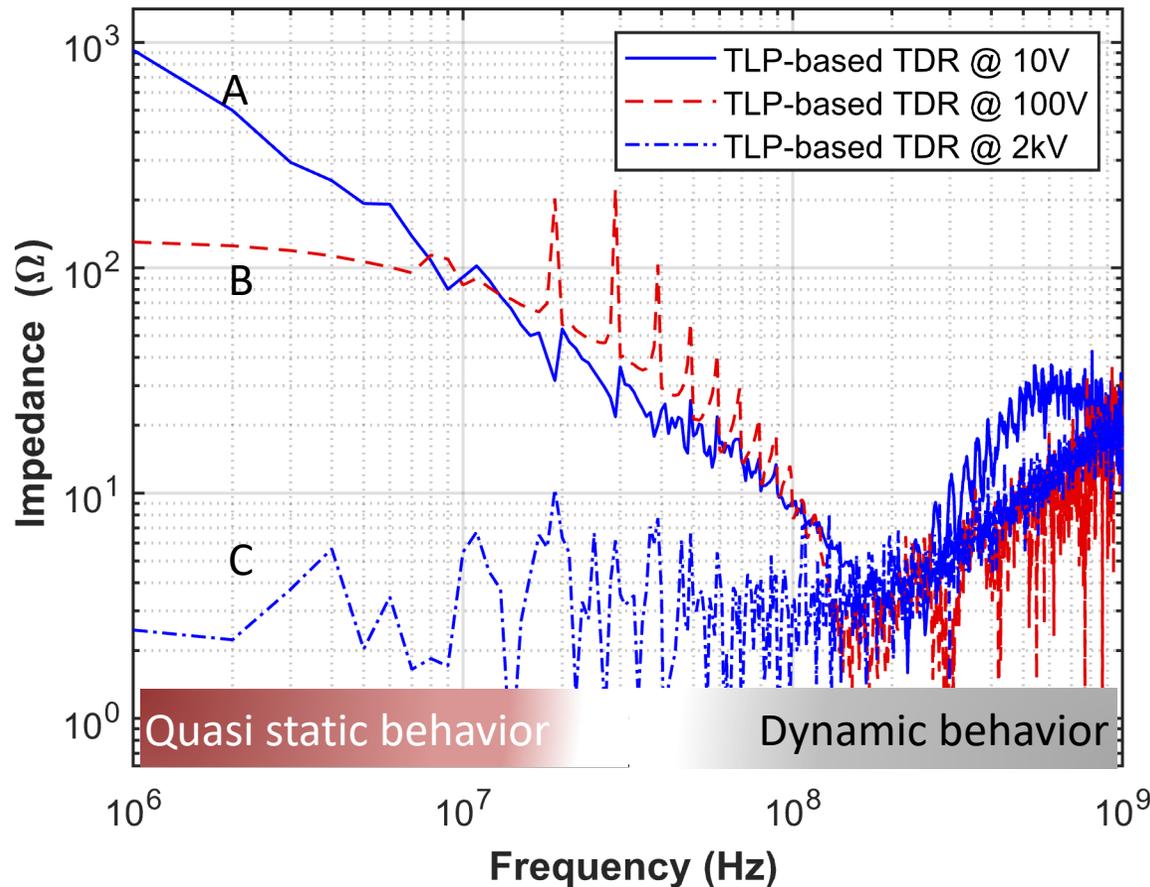
- A : Comportement capacitif ($C=60pF$, $L=10nH$)
- B : RC (up to 110MHz) ($R=150\Omega$, $C=70pF$)
- C : RL ($R=5\Omega$, $L=10nH$)

Les résultats en basse fréquence sont en accord avec les points de fonctionnement

Mesure composant non linéaire

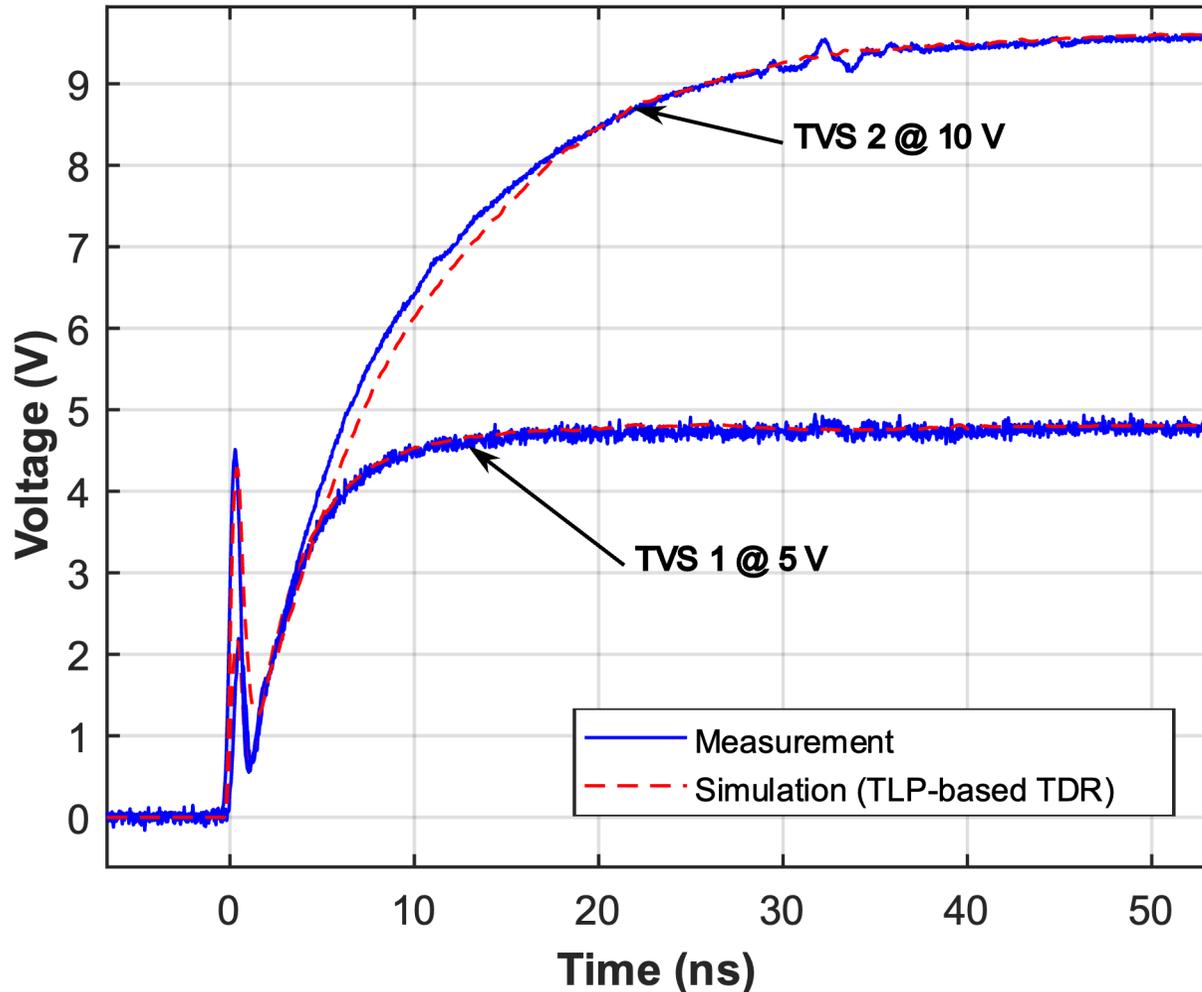
TVS : ($V_{th}=70V$ $R_{on}=0,5\Omega$)

S parameters pour des injections à 10V (A), 100V (B) and 2KV (C)



Résultats comparables

Simulation avant le déclenchement



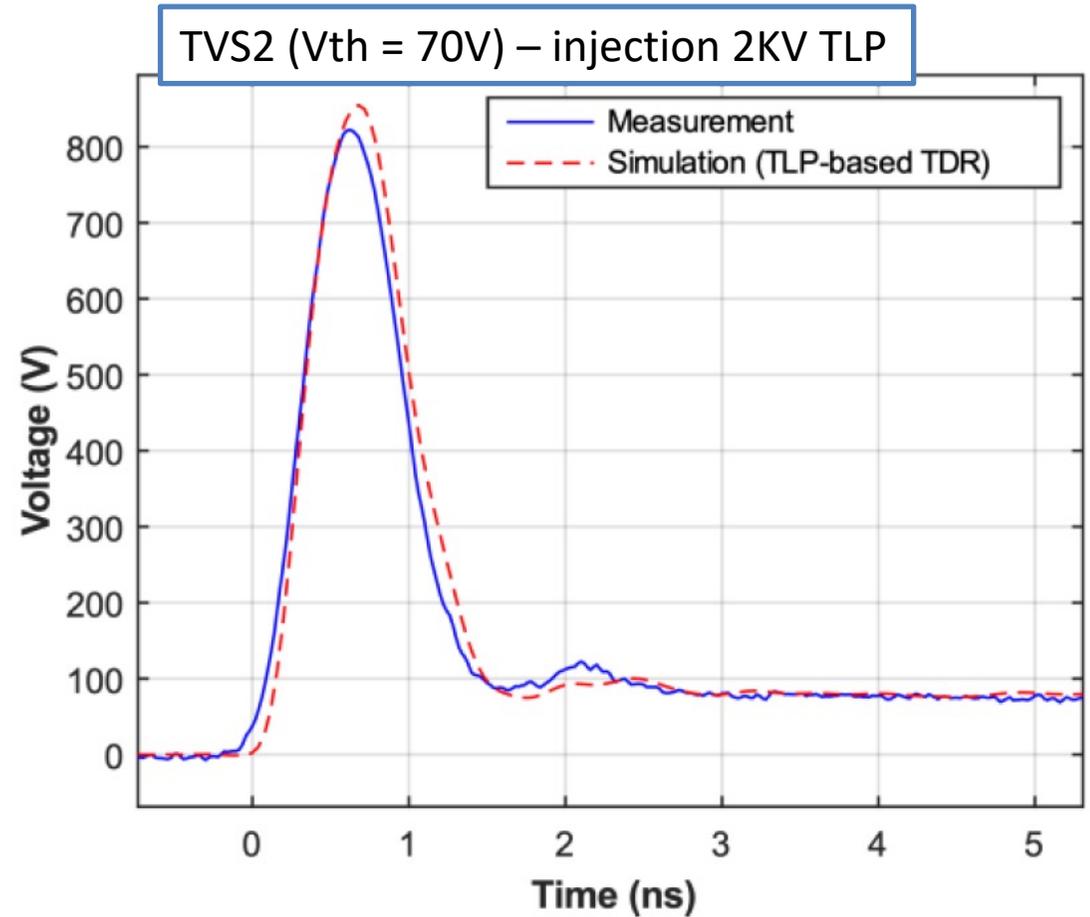
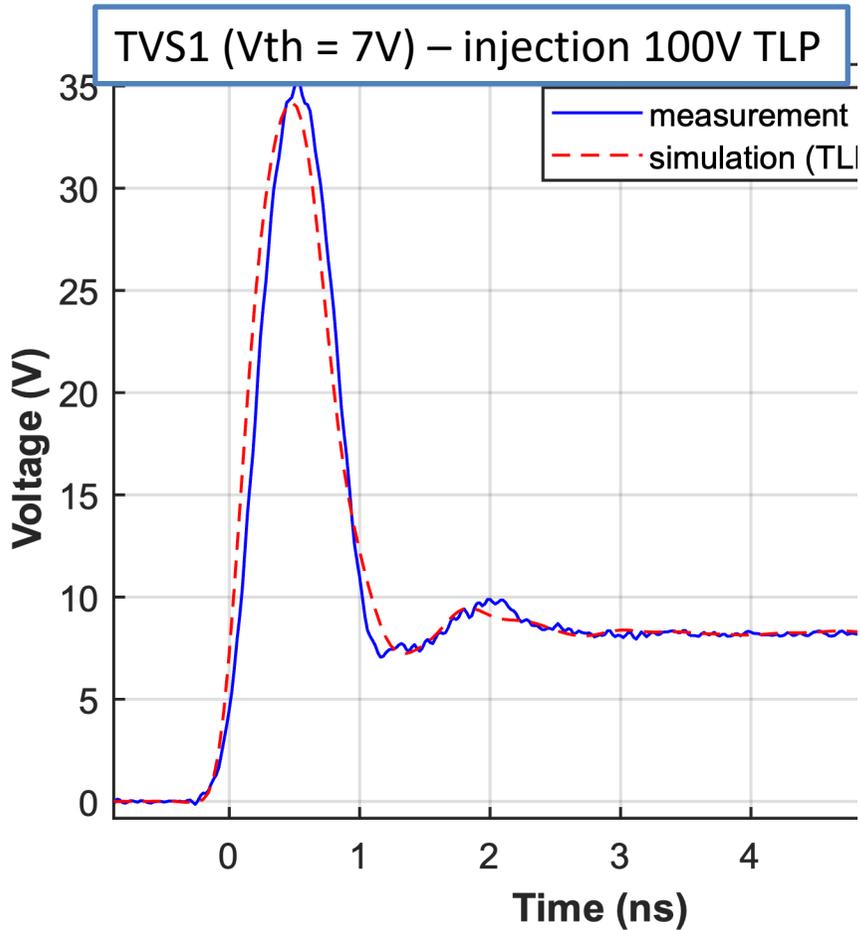
Très bonne corrélation

- transitoire:
- surtension:
- Le niveau Quasi-static

Le comportement de la TVS avant déclenchement ($<V_{th}$) est parfaitement reproduit

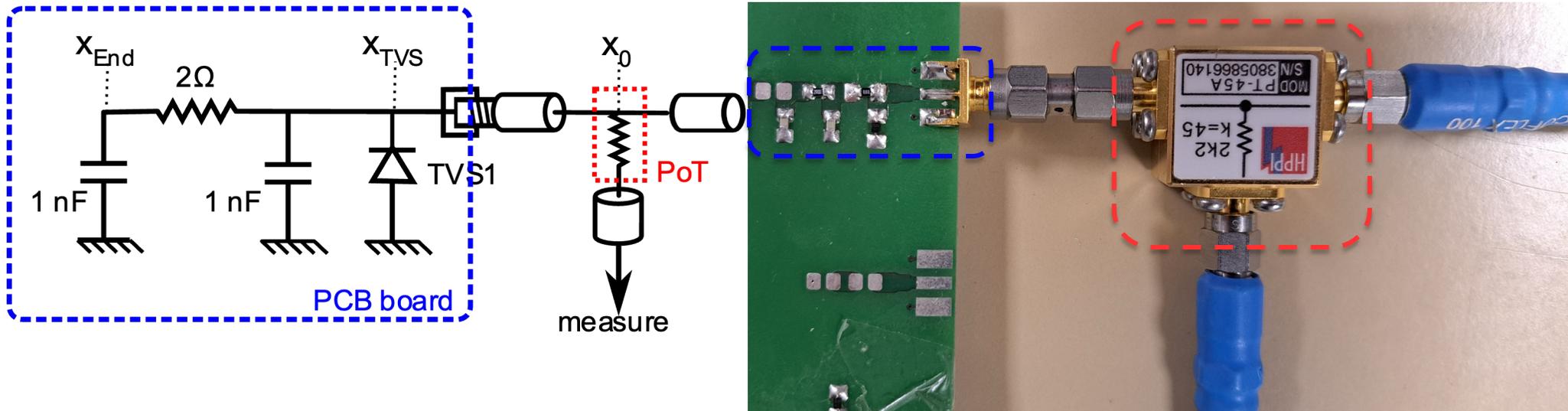
Validation expérimentale

Simulation transitoire de la TVS après le déclenchement



Très bonne corrélation en fonction de la puissance injectée

La TVS 1 est associée à un réseau CRC

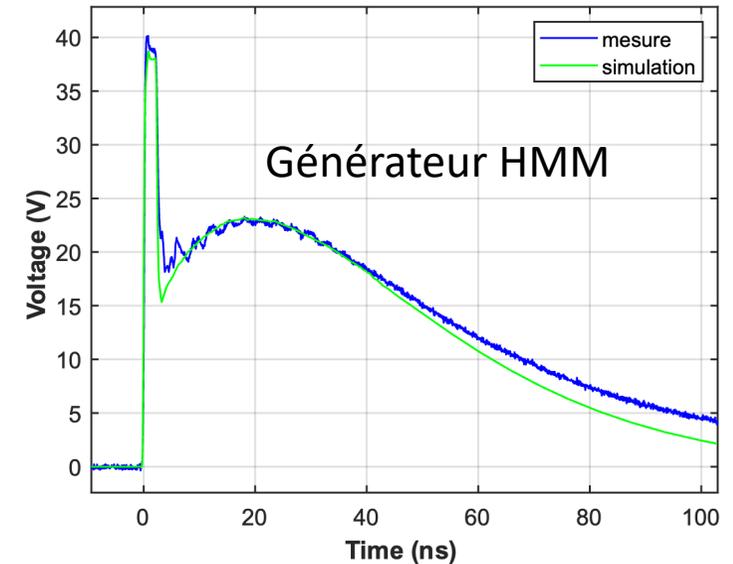
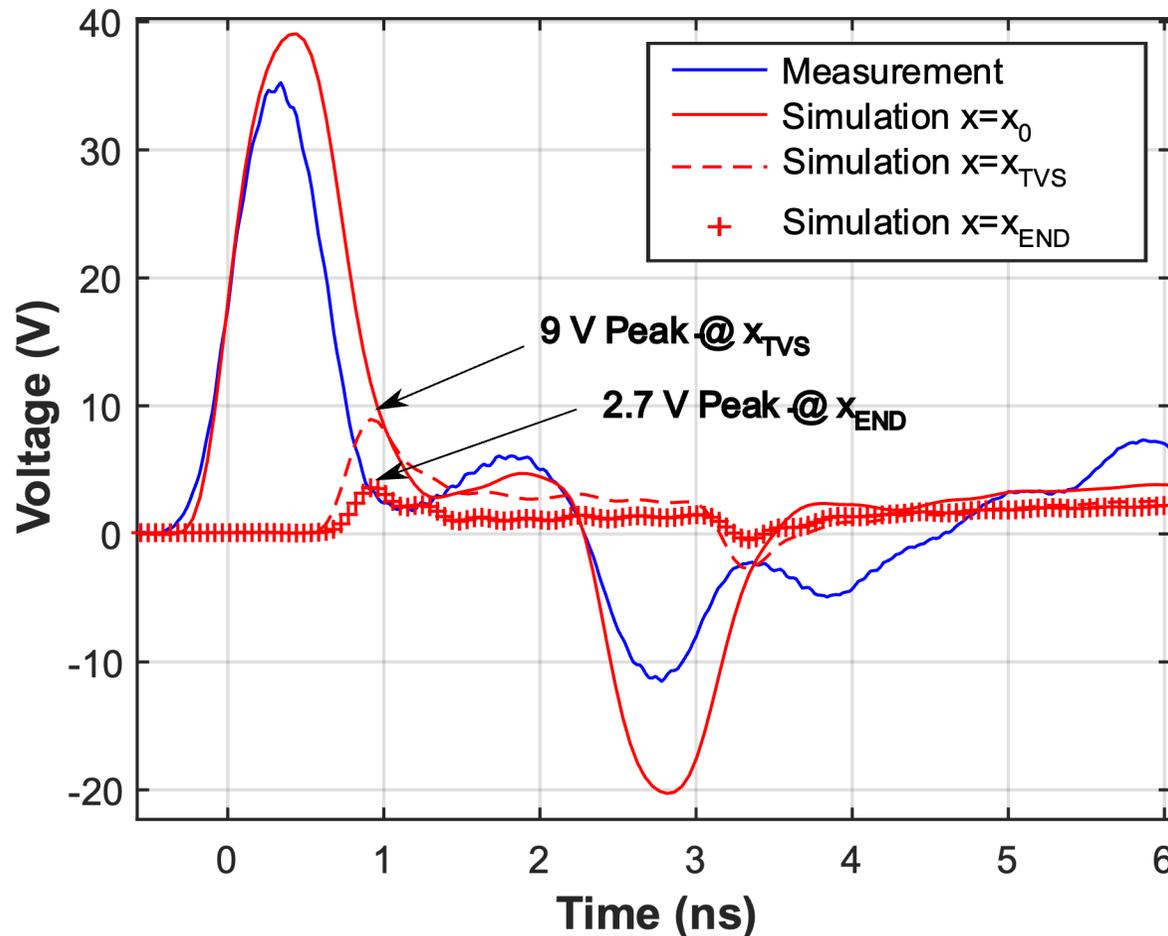


→ TVS1 + CRC device (capacitor COG, resistor 2Ω)

→ La mesure est faite en externe au niveau du PoT

→ Objectif : valider la simulation de l'association de plusieurs éléments

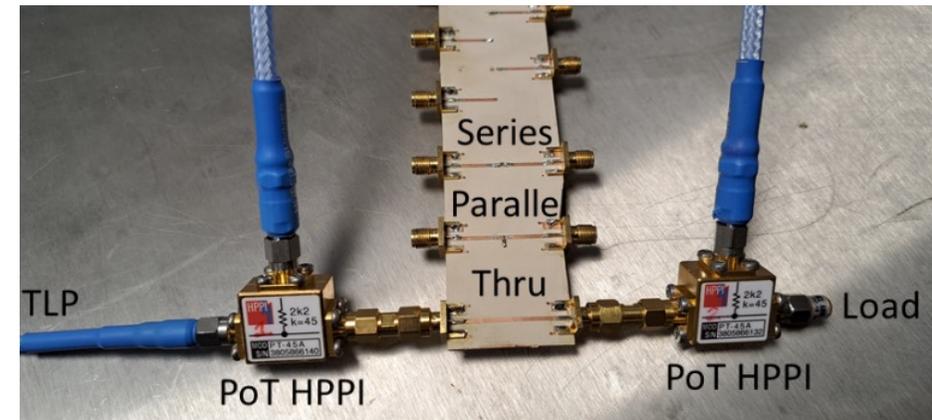
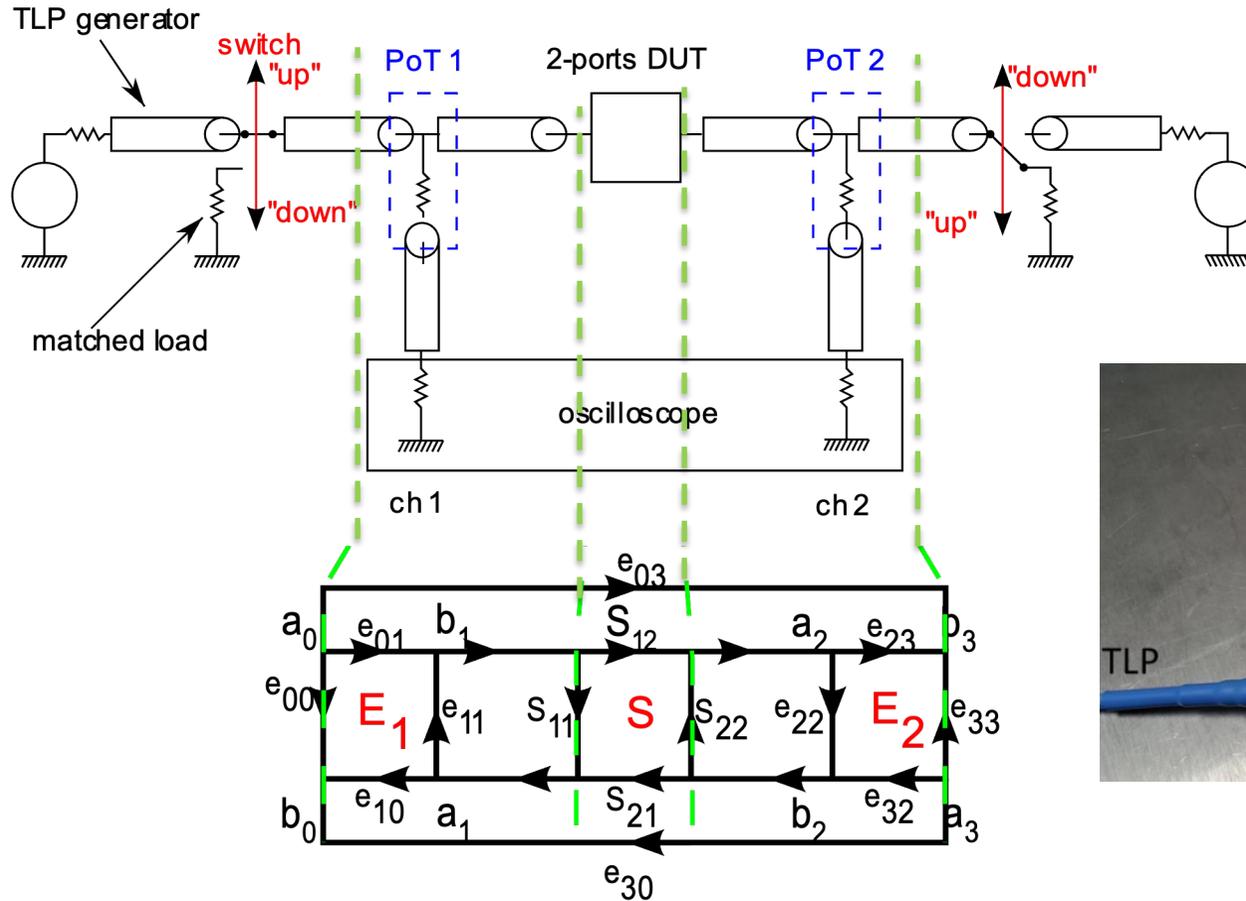
La TVS 1 est associée à un réseau CRC – injection de type HMM



Bonne corrélation au point de mesure

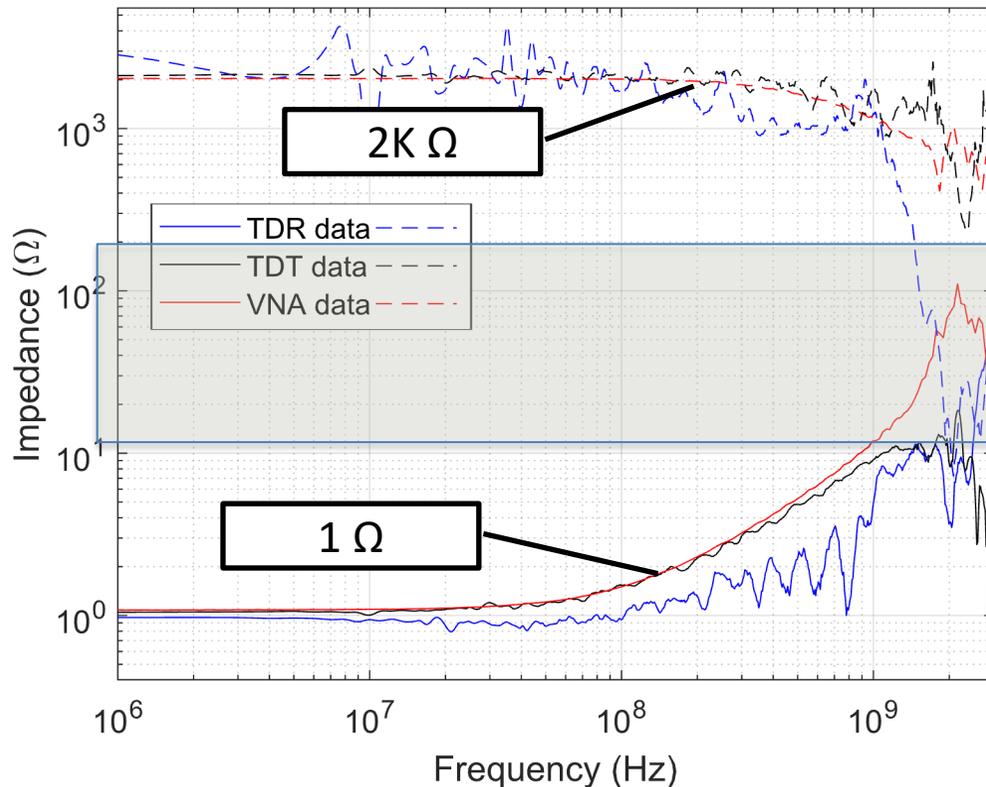
Prédiction des potentiels aux points x_{TVS} et x_{END}

Développement du setup TLP-TDT (Time Domain Transmission)

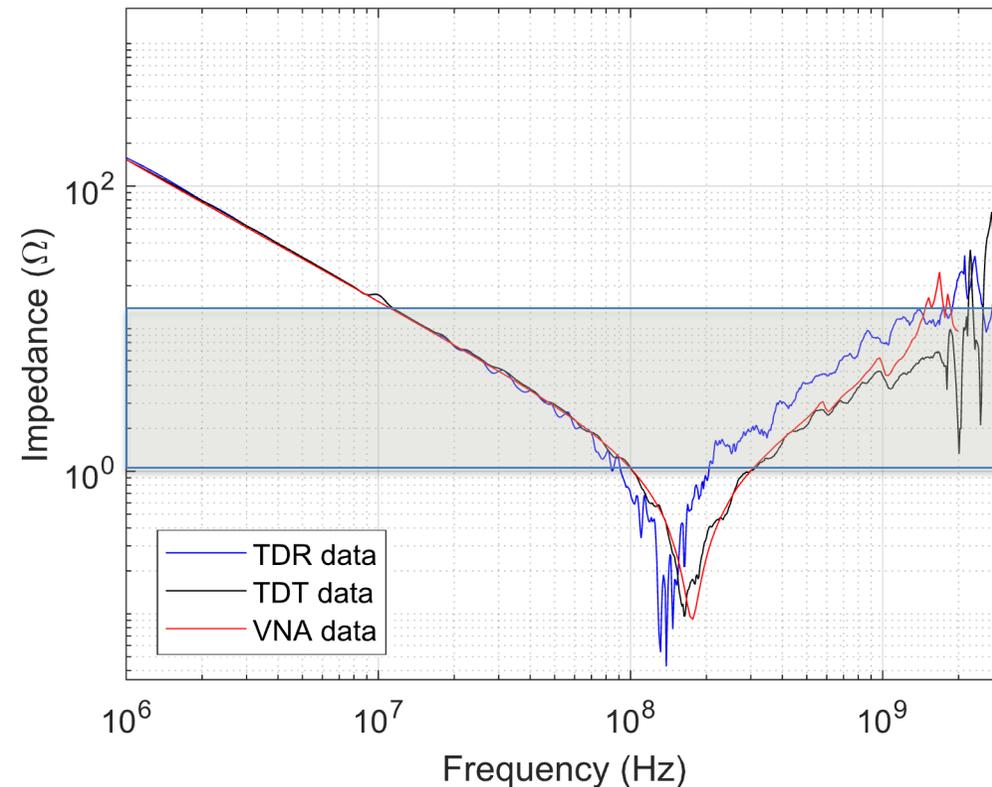


Mesure d'impédances éloignées de 50 Ω

- Validation sur 2KΩ and 1 Ω → 120V TLP



- Validation sur une capacité → 120V TLP

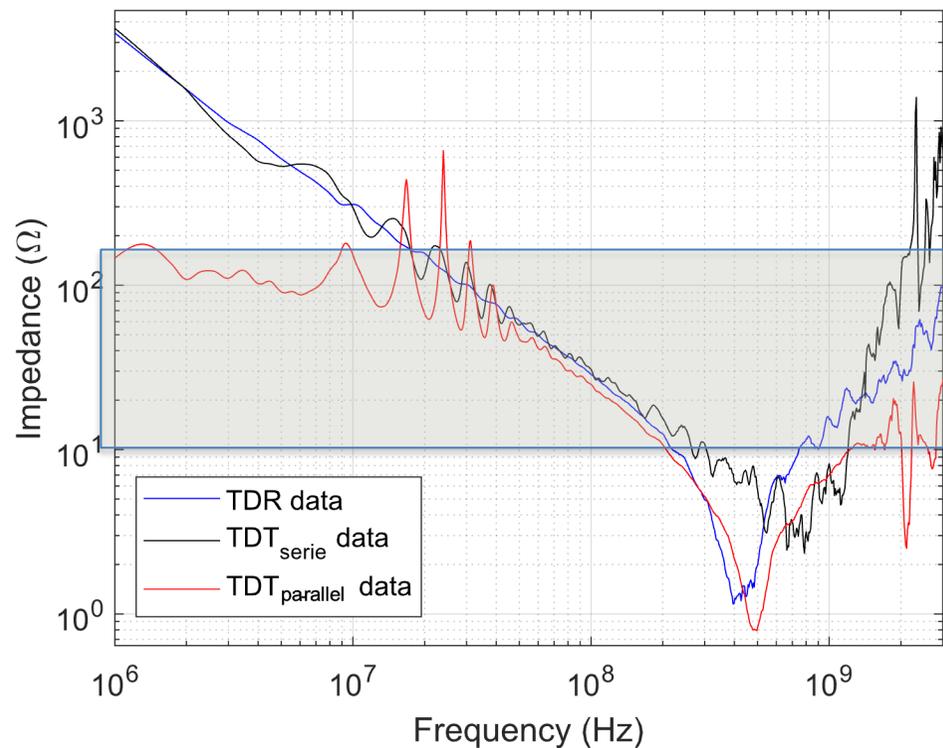


Bonne corrélation avec la mesure VNA; réduction du bruit :
Les valeurs des résistances sont biens obtenues

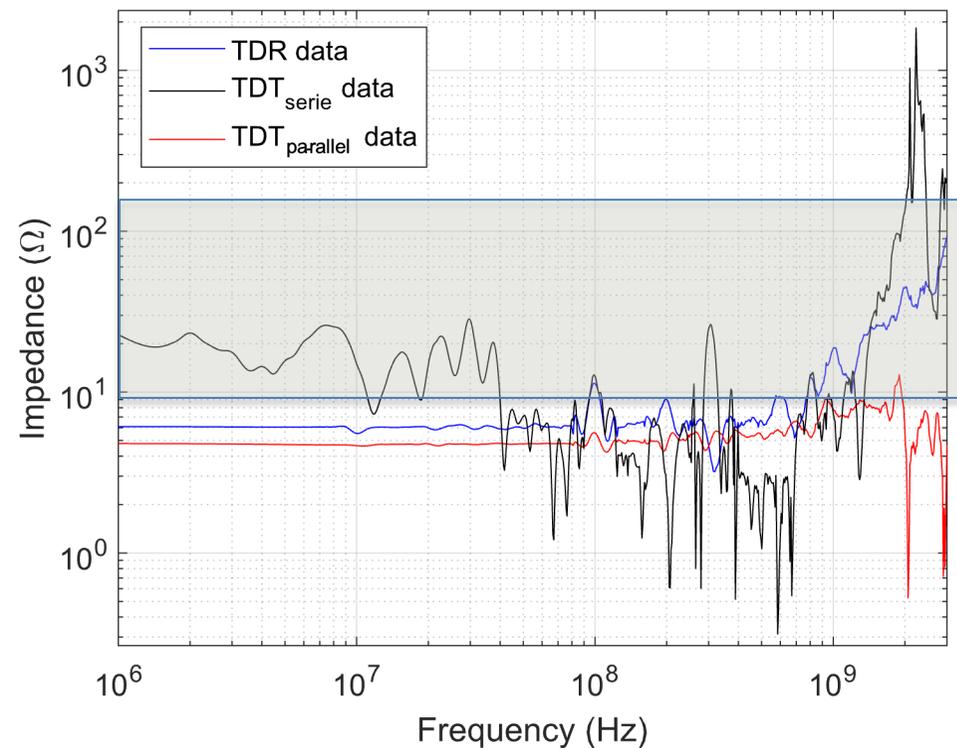
Mesure d'impédances éloignées de 50 Ω

- Validation sur une TVS \rightarrow

TVS avant déclenchement (5 TLP)

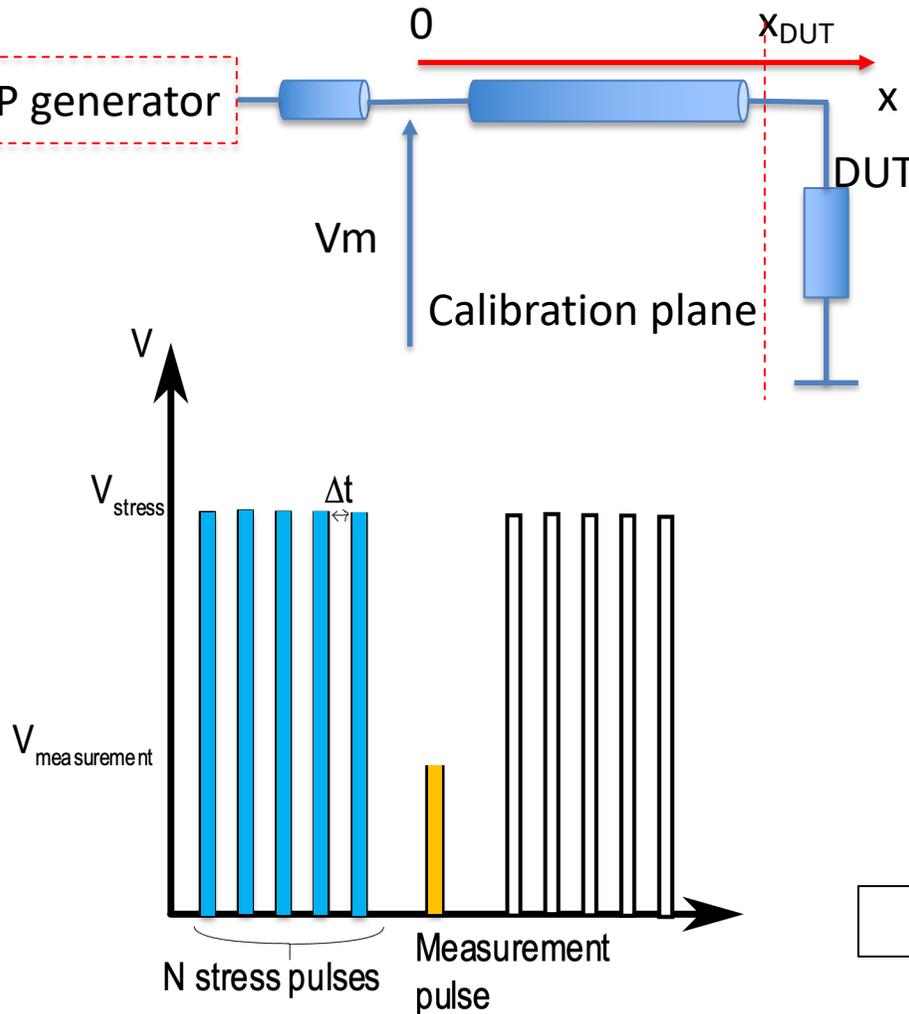


TVS après déclenchement (80V TLP)

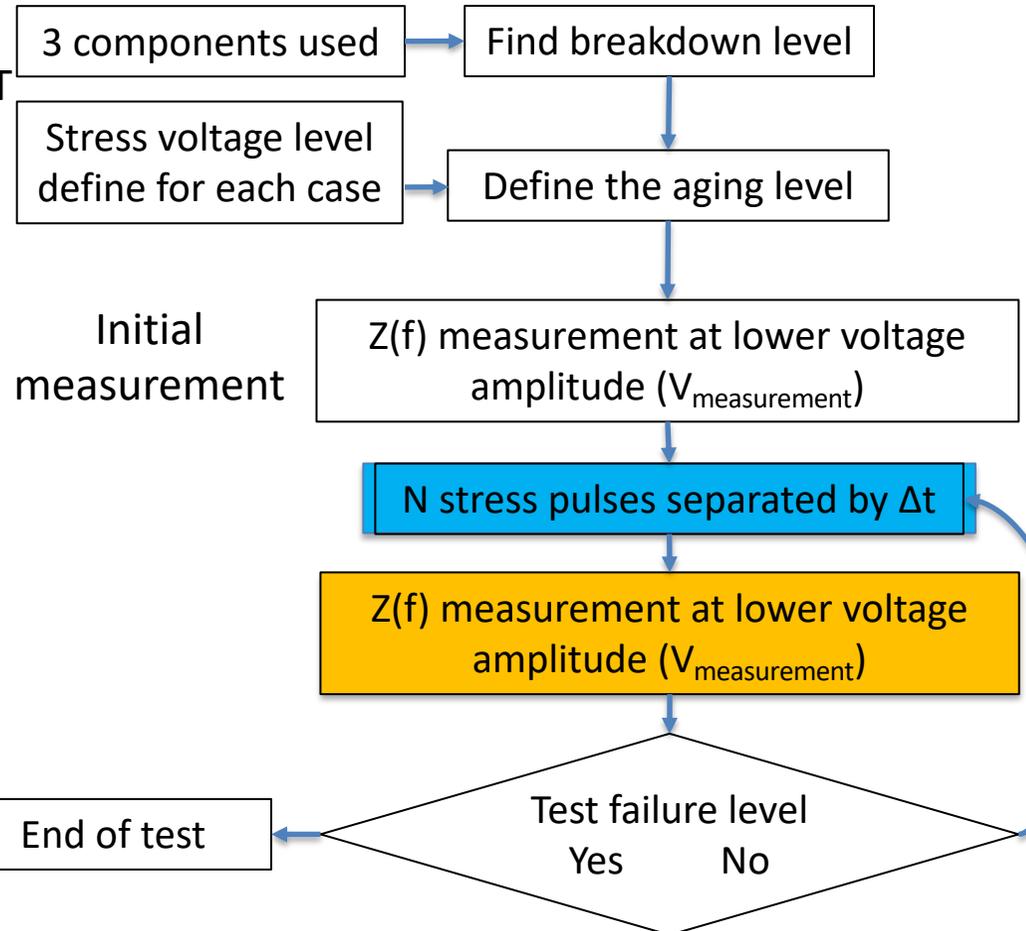


- Contexte - Problématique et enjeux
- Banc TLP pour l'extraction de modèles
fréquentiels
- Résultats & Validations expérimentales
- **Extension pour l'analyse du vieillissement des
composants**
- Conclusion

Protocol d'accélération du vieillissement

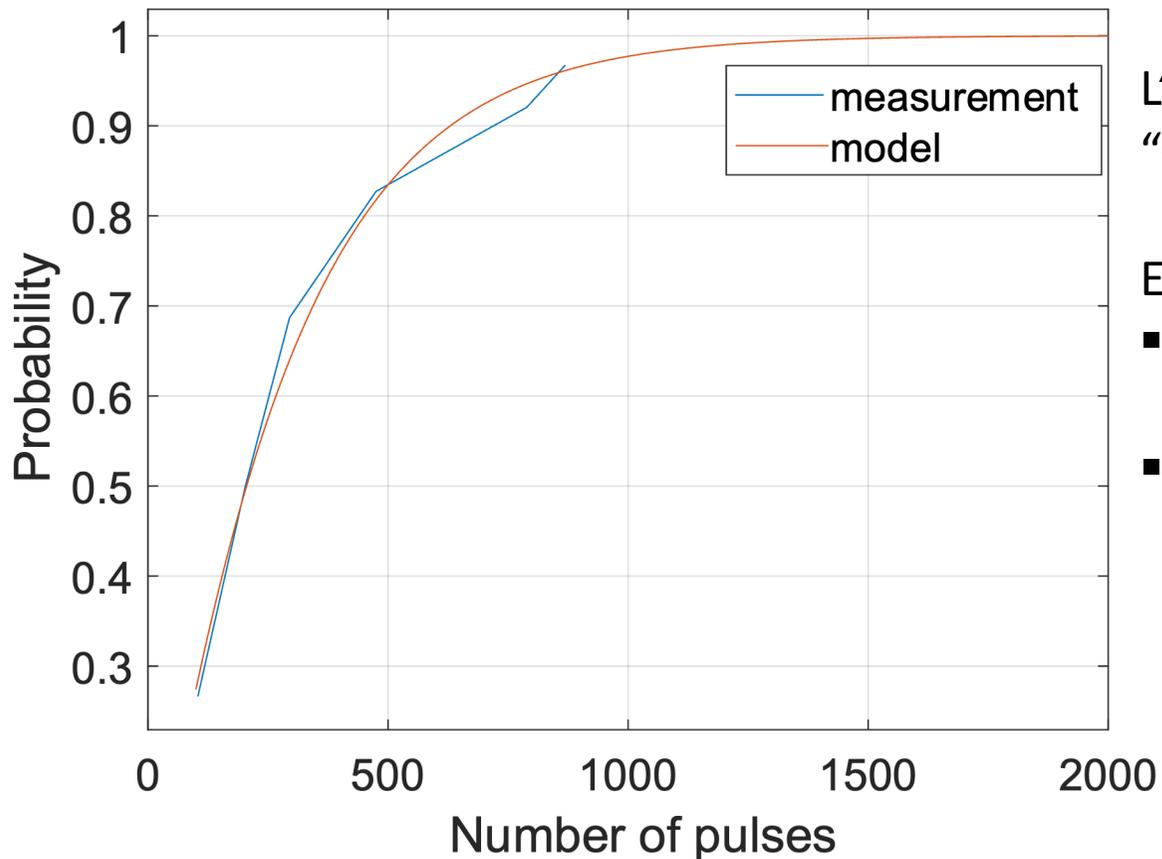


Méthode :



Analyses statistiques

Probabilité de défaillance vs nombre de pulses (400V TLP injection)



L'analyse statistique permet d'obtenir le "service life" de composants passifs

Exemple : Résistance 50Ω

- 50% destruction probability → 200 pulses
- 99% destruction probability → 1000 pulses



Génération de modèles fréquentiels pour la prédiction des défaillances

- Contexte - Problématique et enjeux
- Banc TLP pour l'extraction de modèles
fréquentiels
- Résultats & Validations expérimentales
- Extension pour l'analyse du vieillissement des
composants
- **Conclusion**

- Problématique de modélisation des composants soumis à de très fortes impulsions
- Besoin de développer une nouvelle méthode de caractérisation pour accéder :
 - Aux non linéarités des composants
 - Aux dynamiques liées aux déclenchements des éléments de protections
- Une méthode TDR combinée à un générateur TLP a été développée : modèles fréquentiels
- Extension de la technique vers du TDT → meilleures performances & possibilité d'avoir des modèles 2 ports.

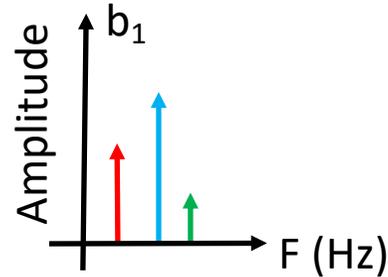
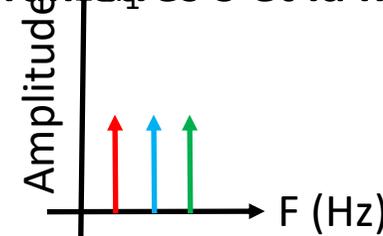
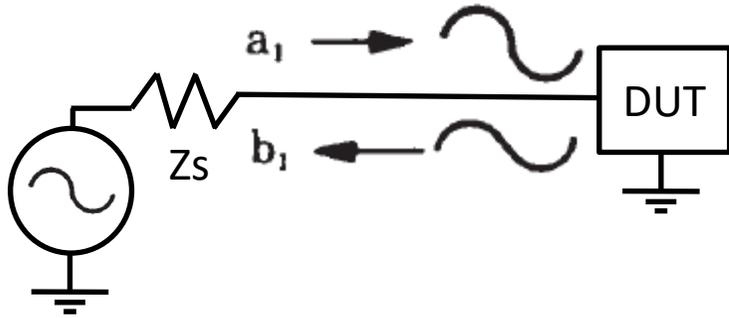
- La méthode a été validée (Analyse et simulation d'un réseau de protections)

- Analyse du vieillissement de composants passifs soumis à des stress impulsions (résistances, capa, inductances)

Modèles utilisation de modèles fréquentiels

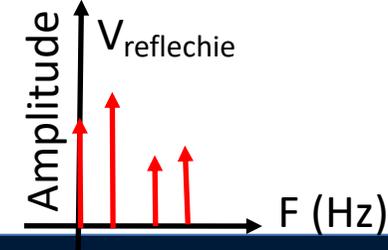
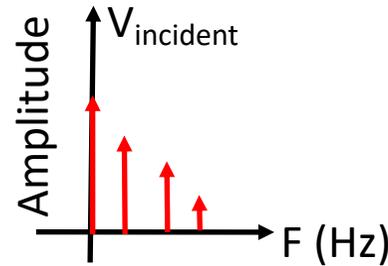
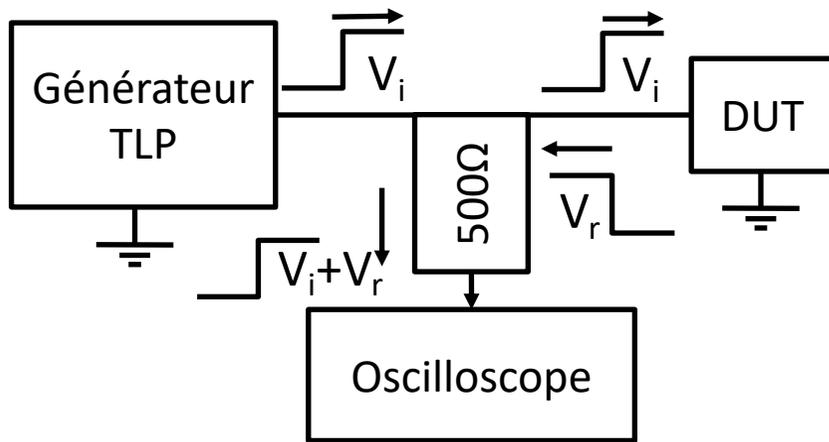
Analogie entre la mesure de paramètres S et la mesure TLP-TDR

Mesure de paramètres S



$$S_{11} = \frac{b_1}{a_1} = \frac{V_{réfléchie}(f)}{V_{incident}(f)}$$

Mesure TLP-TDR



Valable si le DUT est un composant « linéaire »

$$\Gamma = \frac{V_{réflechie}(t)}{V_{incident}(t)}$$