Convertisseurs VHF à base de composants distribués

GT PCB 02/02/2023

Baptiste Daire

Laboratoire Ampère, Lyon, France

Présentation

Présentation

Parcours

2018 École normale supérieure paris—saclay / université PARIS-SACLAY

Département EEA,
M2 « Physique des Systèmes d'Energie électrique »

2021 → Université Toulouse III Paul Sabatier

M2 «Énergie électrique : conversion, matériaux, développement durable »

2022 → Ampère

PFE : Conversion DC/DC hautes fréquences

Présentation

Depuis septembre 2022 :

« Convertisseur DC/DC d'électronique de puissance à très hautes fréquences de découpage à base de composants distribués »

Encadrants :
Christian Martin
Fabien Sixdenier
Charles Joubert

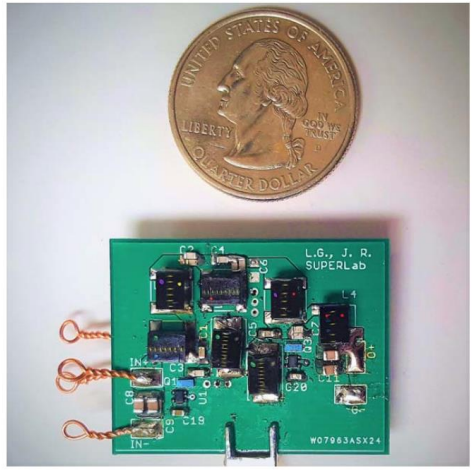
Travaux

Travaux

Conversion VHF traditionnelle :

Performances :

- Gamme de fréquences : 30-300 MHz
- Gamme de puissances : <100 W
- Commutation douce systématique (ZVS & ZdVS)



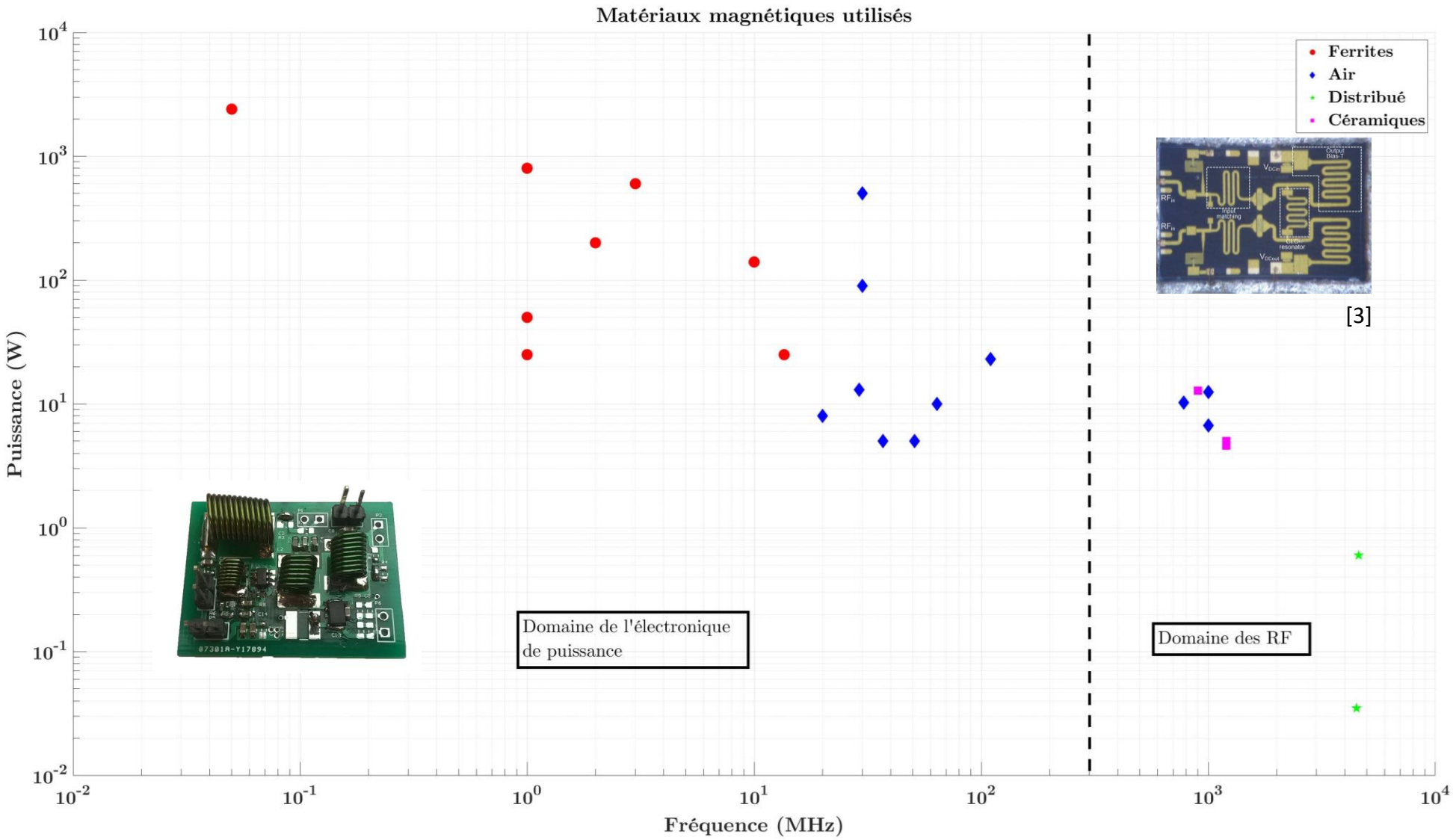
64 MHz – 15W DC/DC converter [2]

35 MHZ -5W DC/DC converter [1]

Verrous scientifiques :

- Robustesse
- Gestion des éléments parasites
- Accordement
- CEM
- Matériaux magnétiques
- Commande des actionneurs

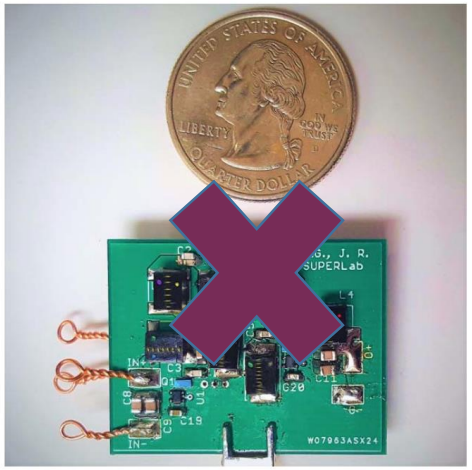
[1] M. P. Madsen, J. A. Pedersen, A. Knott and M. A. E. Andersen, "Self-oscillating resonant gate drive for resonant inverters and rectifiers composed solely of passive components“
[2] L. Gu, W. Liang and J. R. Davila, "Design of very-high-frequency synchronous resonant DC-DC converter for variable load operation"

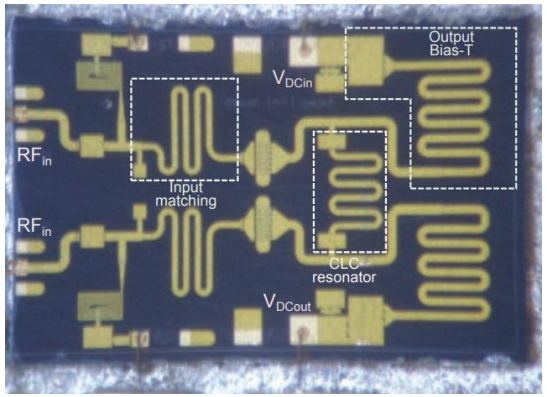


[3] I. Ramos and Z. Popović, "A fully monolithically integrated 4.6 GHz DC-DC converter,"

Travaux

Objectif de la thèse :



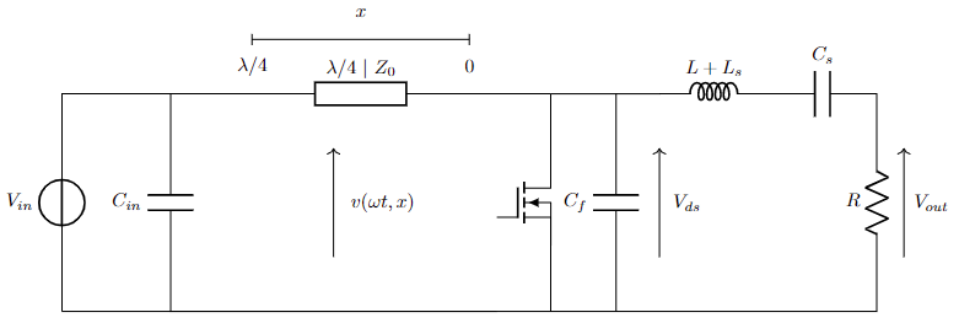


Intérêts :

- Suppression des éléments discrets
- Maîtrise des éléments parasites
- Accordement plus simple
- Nouvelles possibilités d'intégration
- Structures plus robustes

Travaux réalisés

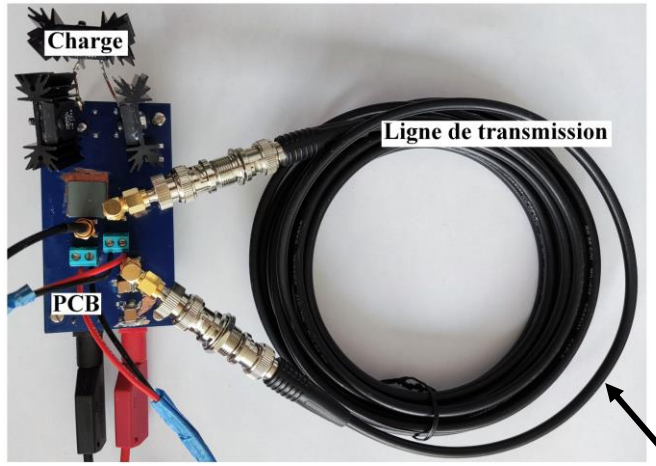
Travaux réalisés



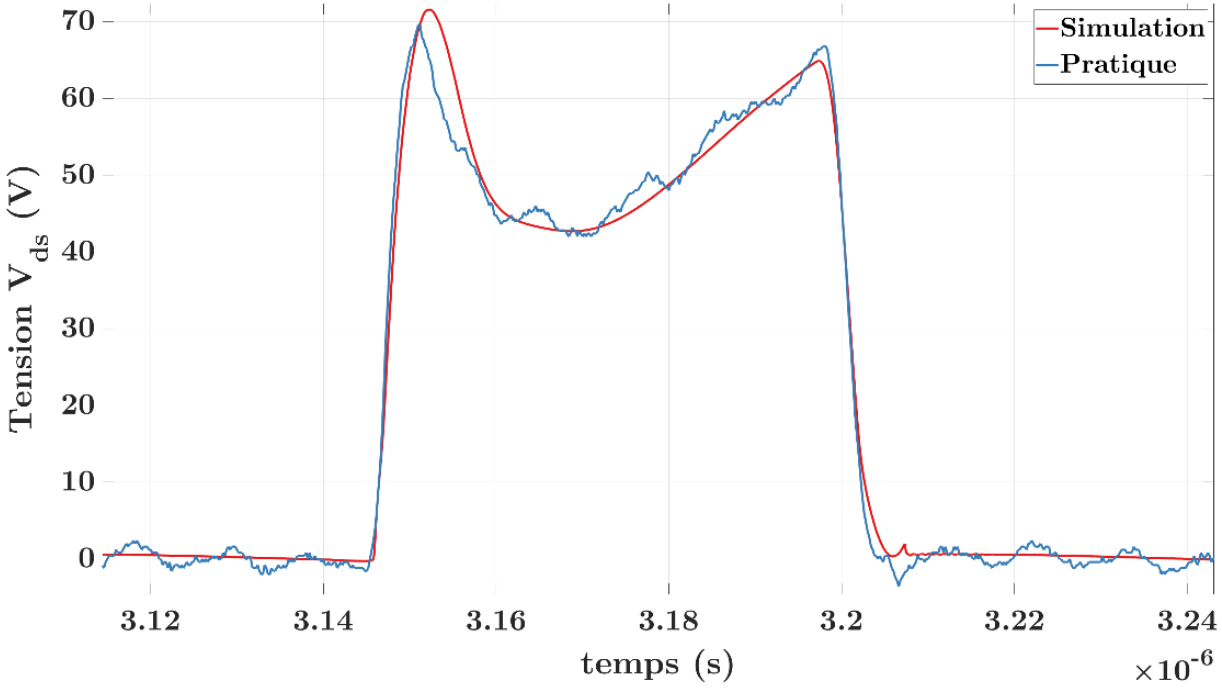
f = 9,6 MHz
Pin = 80 W
Vin = 28 V
η = ? (*en cours d'évaluation*)

Démarche :

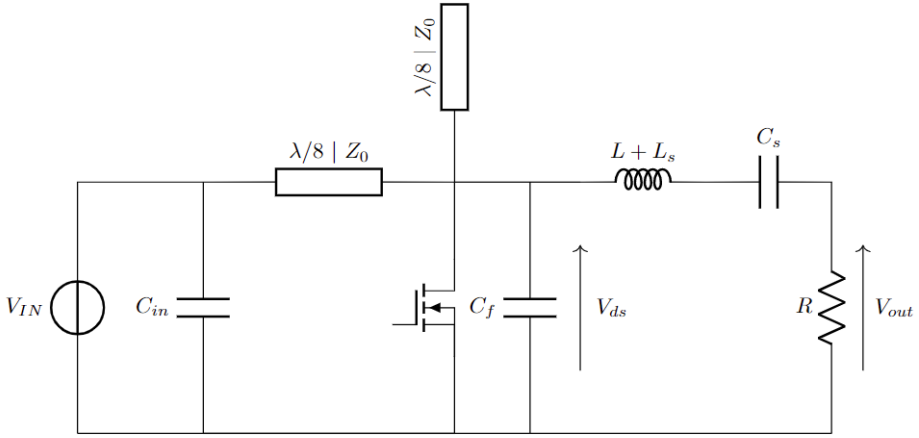
1) Dimensionnement analytique
2) Caractérisation & modélisation de la ligne
3) Simulation EM du PCB sous ADS
4) Réalisation expérimentale



5,04 m !

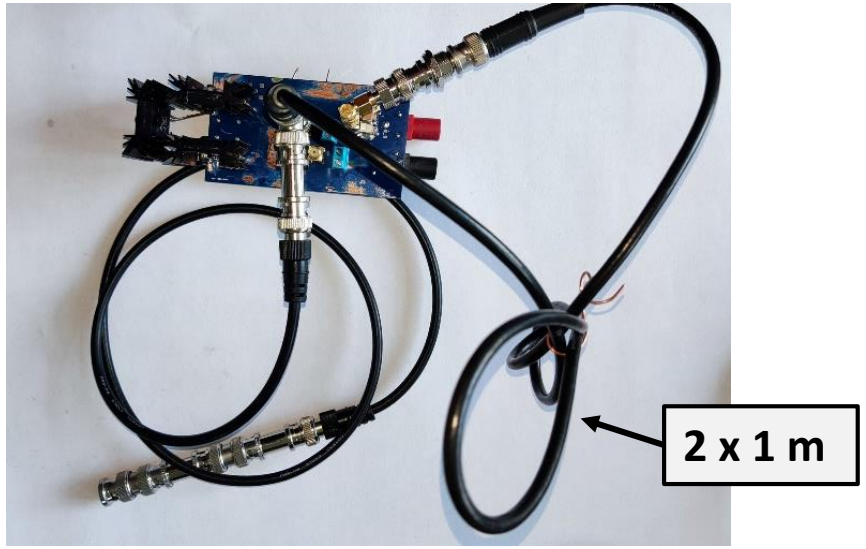


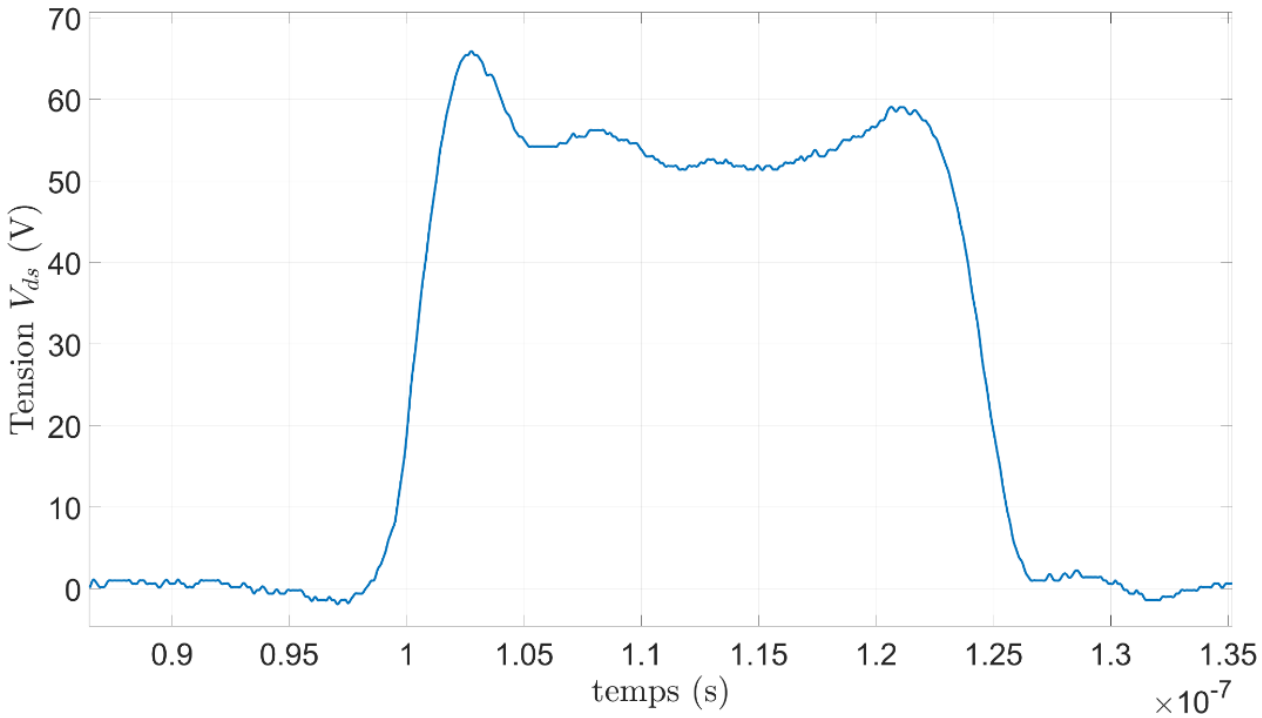
Travaux réalisés



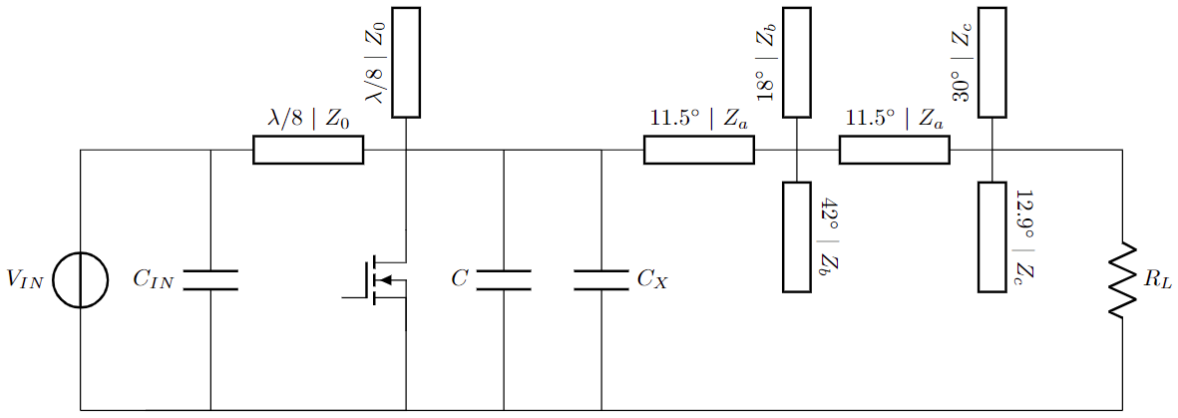
f = 21 MHz
Pin = 80 W
Vin = 28 V
η = ? (*en cours d'évaluation*)

- **Augmentation de la fréquence :** 9,6 MHz -> 21 MHz
- **Modification de la structure :** meilleur profil d'impédance





Travaux réalisés



f = 100 MHz
P = 50-100 W
RL = 10-100 Ω

- ✓ Filtre passe-bas
- ✓ Adaptation d'impédance
- ✓ Compensation réactive

Prochaines échéances :

- Réalisation expérimentale espérée d'ici fin juin 2023
- Impression sur PCB des lignes de transmission
- Mise en évidence de la robustesse de la structure
- Publication

Problématiques liées à l'impression sur PCB :

- Choix du substrat
- Faibles tolérances géométriques

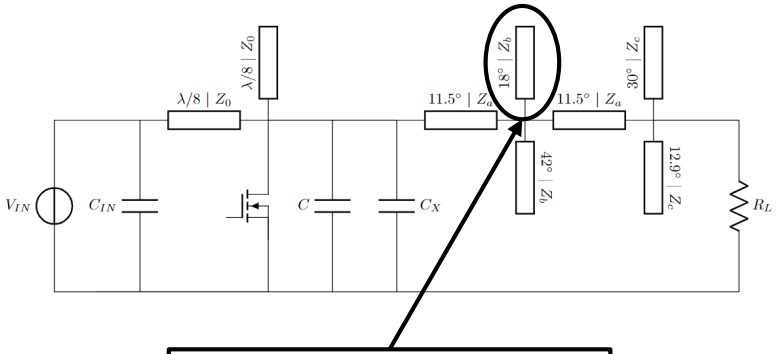
Problématiques posées

Problématiques posées

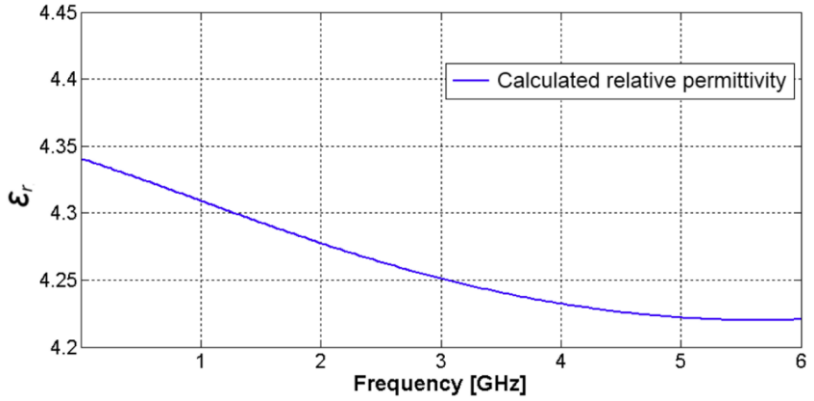
Impression sur PCB de la structure : choix du substrat

Longueur électrique d'une ligne :

$$l = \frac{c}{f\sqrt{\varepsilon_r}}$$



L=7cm sur du FR4 (εr=4,3)
L=3 cm sur un substrat à εr=20
L=2 cm sur un substrat à εr=50



Dépendance de la permittivité du FR4 à la fréquence [4]

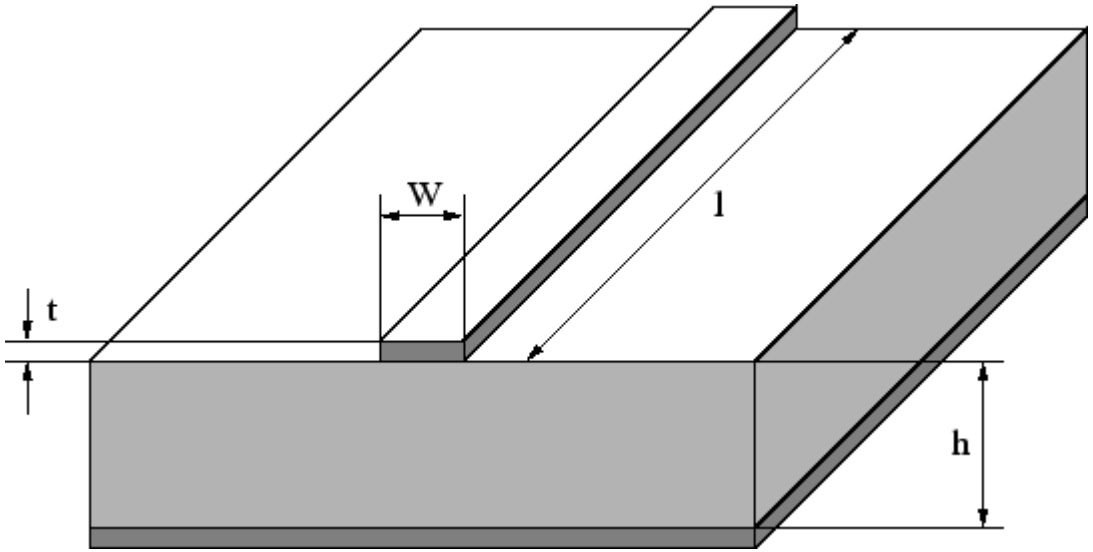
Critères de choix du substrat :

1) Forte permittivité diélectrique
2) Permittivité stable en fréquence
3) Bonne conductivité thermique

[4] J. Paleček, M. Vestenický, P. Vestenický, J. Spalek : « Frequency Dependence Examination of PCB Material FR4 Relative Permittivity"

Problématiques posées

Impression sur PCB de la structure : faibles tolérances géométriques



Nécessité d'une méthode précise et fiable d'impression de lignes microruban :

W=2mm(+/-0.1mm)
h=1mm(+/-10%)

Z=50 Ω (+/- 2 Ω)

<0,5 Ω désiré

Merci pour votre attention

Vos remarques sont les bienvenues

ÉCOLE CENTRALE LYON

INSA INSTITUT NATIONAL DES SCIENCES APPLIQUÉES LYON

cnrs

Université Claude Bernard Lyon 1

Ampère