



Entité : AMPERE - UMR 5005

Adresse : Lyon/Villeurbanne

Contact : herve.morel@insa-lyon.fr

LES RENDEZ-VOUS FIABILITE DU CFF

Mardi 5 janvier 2021



Body-diode conduction and MOSFET oxide degradation

Hervé Morel,
Directeur de Recherche,
CNRS, Ampère

FUI/SEFORA (2008-2012), SiC-JFET, Diode-less inverters ...

Projet IA/GENOME/PREMICE (2012 → 2017)
(SAFRAN, Ampère, SATIE ...)

Évaluation de la robustesse et analyse des modes de défaillance des composants grands gap

Cheng Chen, Studies of SiC power devices potential in power electronics for avionic applications. Thèse de doctorat, soutenue le 04-11-2016 à l'Université Paris-Saclay, sous la direction de S. Lefebvre et de H. Morel.

Oriol Aviñó Salvadó, Contribution to the Study of the SiC MOSFET Gate Oxide, PhD Dissertation, 14/12/2018, INSA Lyon
Supervisor : H. Morel, C. Buttay



Quentin MOLIN, Contribution à l'étude de la robustesse des MOSFET-SiC haute tension : dérivation de la tension de seuil et tenue aux courts-circuits, Thèse de doctorat, 14/12/2018, INSA Lyon

... SiCRET, IRT St Exupéry

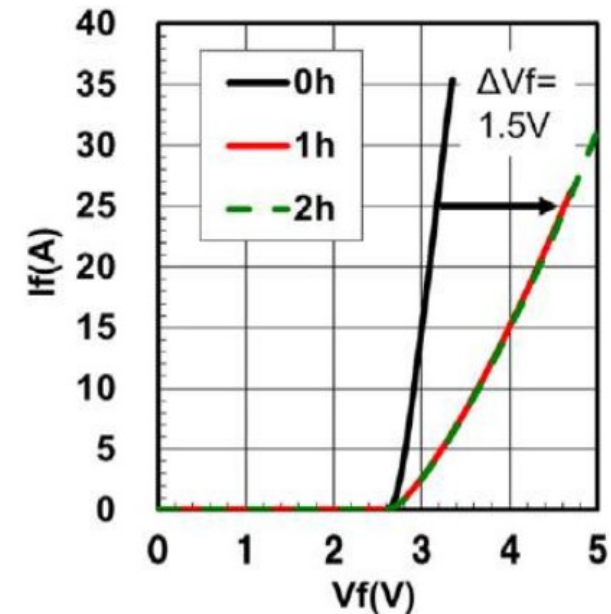
Tester la diode interne ?

Pour des applications « diode-less inverter »

- Réduire le nombre de composants
- Améliorer la fiabilité
- Risque de Stacking Faults ($V_{ON} \uparrow$)
- Risque de dégradation de la résistance de source (FUI/SEFORA, SiC-JFET)



Tester la conduction de la diode interne

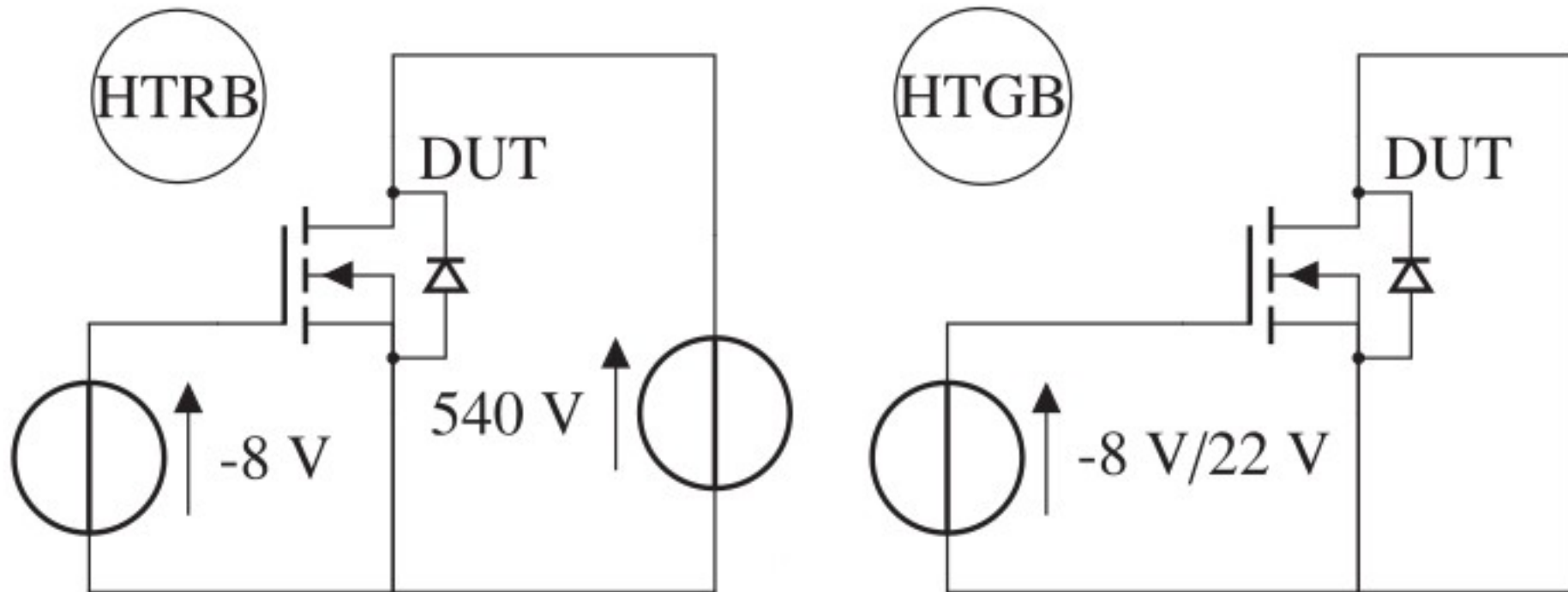


KUSUMOTO, Osamu, OHOKA, Atsushi, HORIKAWA, Nobuyuki, et al. Reliability of diode-integrated SiC power MOSFET (DioMOS). Microelectronics Reliability, 2016, vol. 58, p. 158-163.

Test standards

JEDEC STANDARD JESD22-A108D

Maximum temperature (Specification)



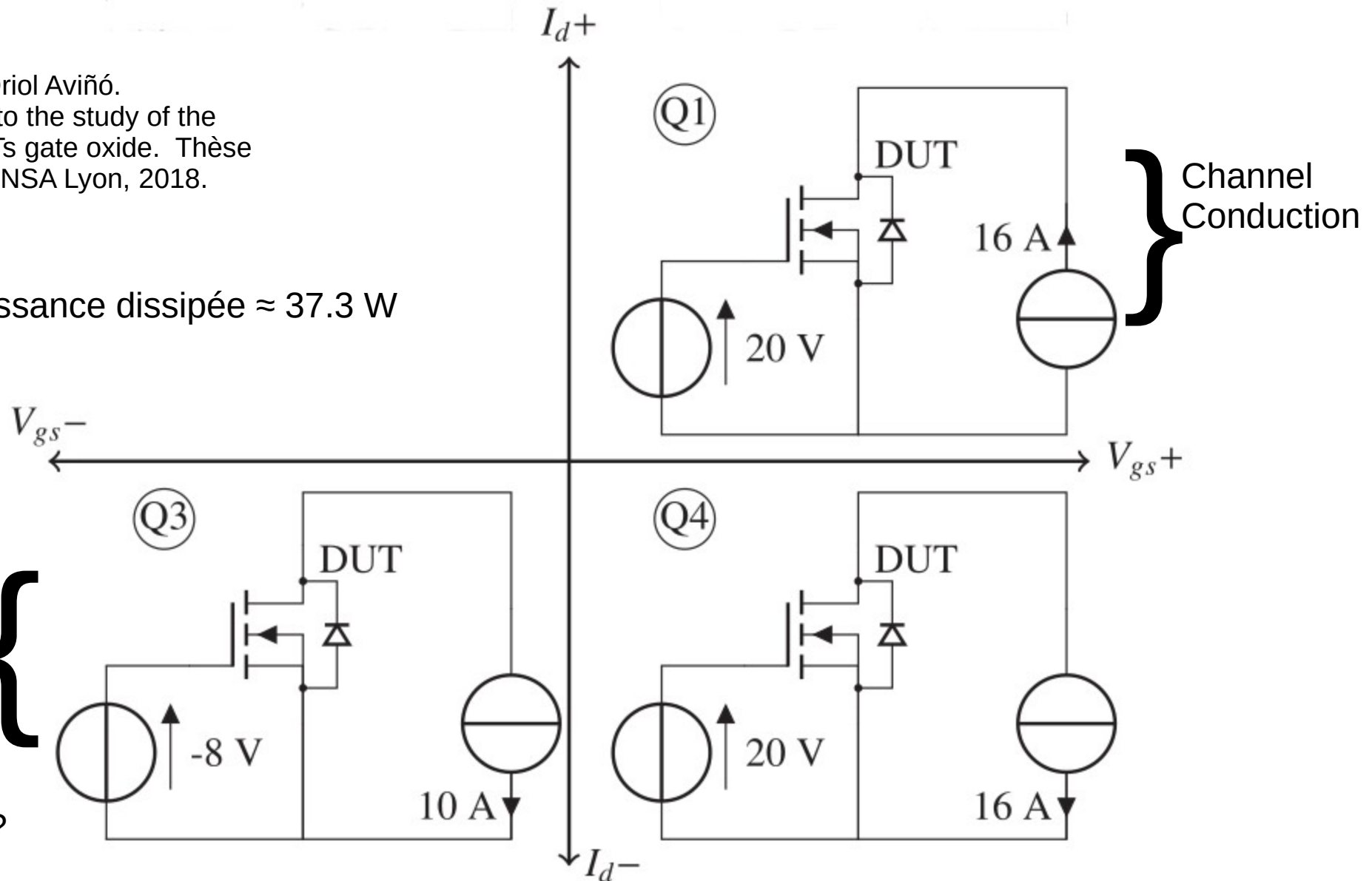
Projet IA/GENOME PREMICE (2012 → 2017)

SALVADÓ, Oriol Aviñó. Contribution to the study of the SiC MOSFETs gate oxide. Thèse de doctorat, INSA Lyon, 2018.

Body Diode Conduction Test

SALVADÓ, Oriol Aviñó.
 Contribution to the study of the
 SiC MOSFETs gate oxide. Thèse
 de doctorat, INSA Lyon, 2018.

Même puissance dissipée ≈ 37.3 W



Body Diode
 Conduction

JDEC HTFB ?

Mesurer V_{TH}

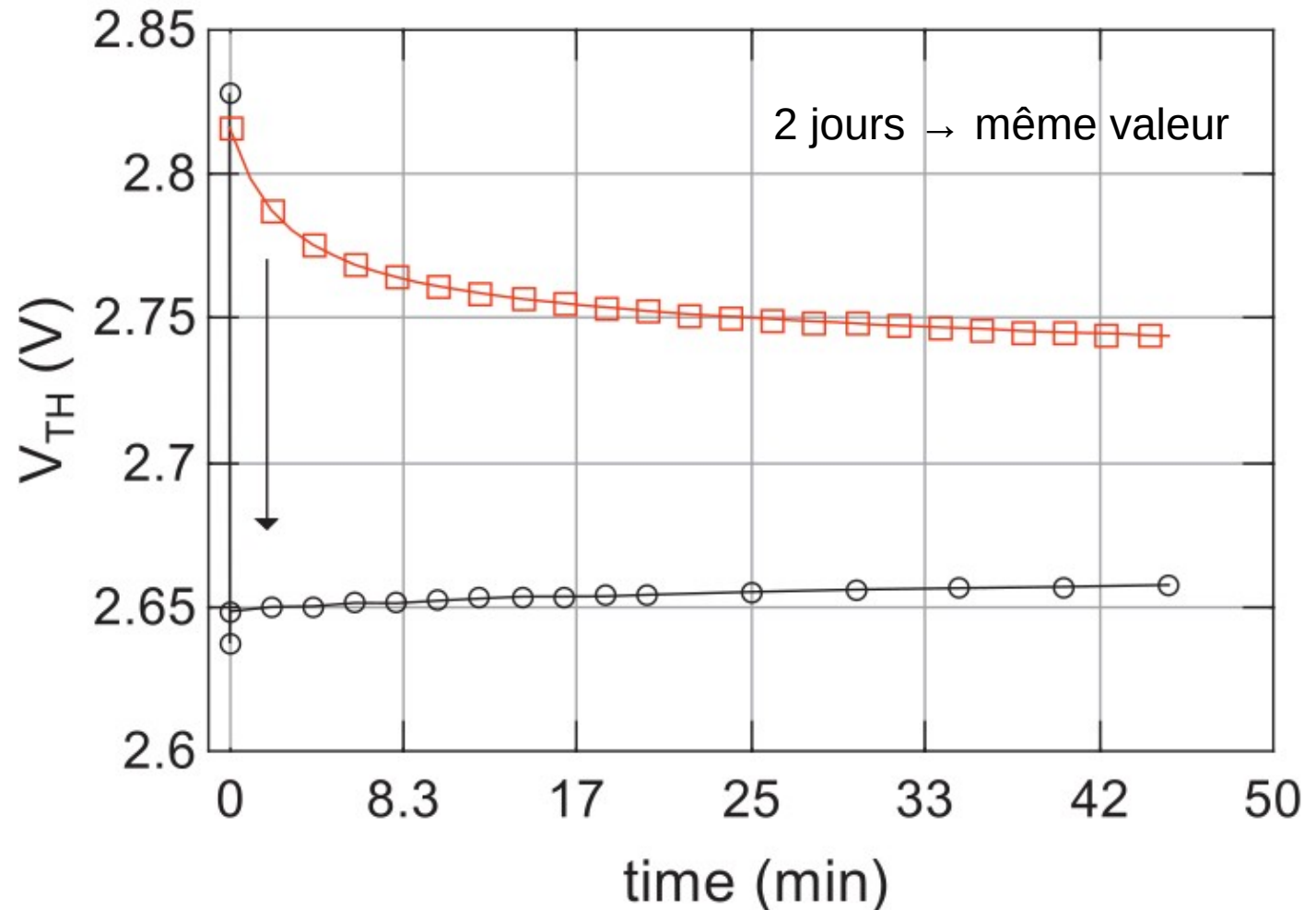
V_{TH} protocole

1. Negative bias of -8 V during 1 s is applied.
2. Threshold voltage is measured (JEDEC/Datasheet).

MOLIN, Quentin, KANOUN, Mehdi, RAYNAUD, Christophe, et al. Measurement and analysis of SiC-MOSFET threshold voltage shift. Microelectronics Reliability, 2018, vol. 88, p. 656-660.

Quentin MOLIN, Contribution à l'étude de la robustesse des MOSFET-SiC haute tension : dérivation de la tension de seuil et tenue aux courts-circuits, Thèse de doctorat, 14/12/2018, INSA Lyon

Protocole avec préconditionnement,
Sujet de discussion ...



Body Diode Conduction Test

Wolfspeed C2M008012D MOSFET

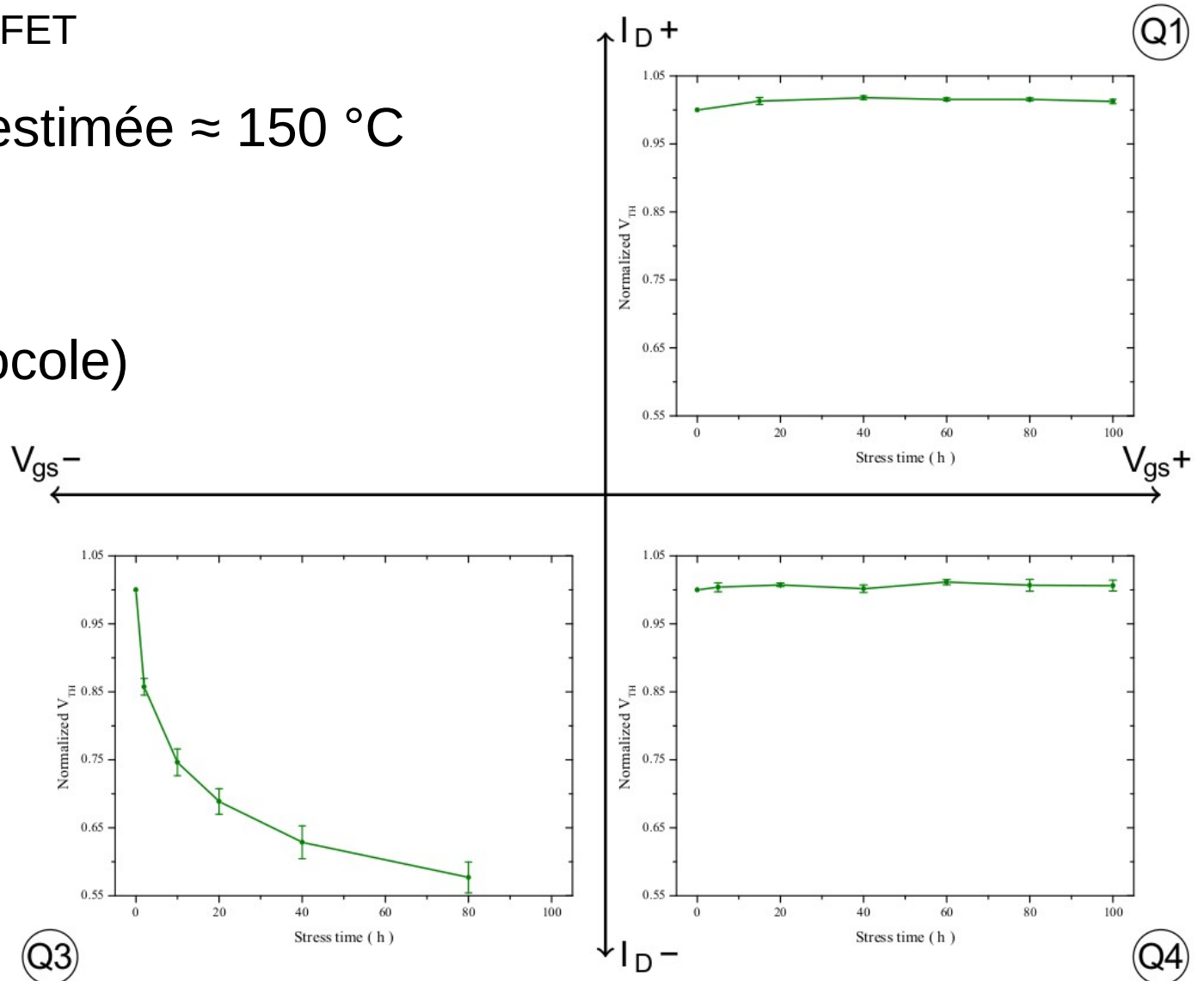
Température de canal estimée $\approx 150\text{ }^{\circ}\text{C}$

Calibration $R_{DS}^{ON}(T_c)$

Mesure de $V_{TH}(t)$ (protocole)

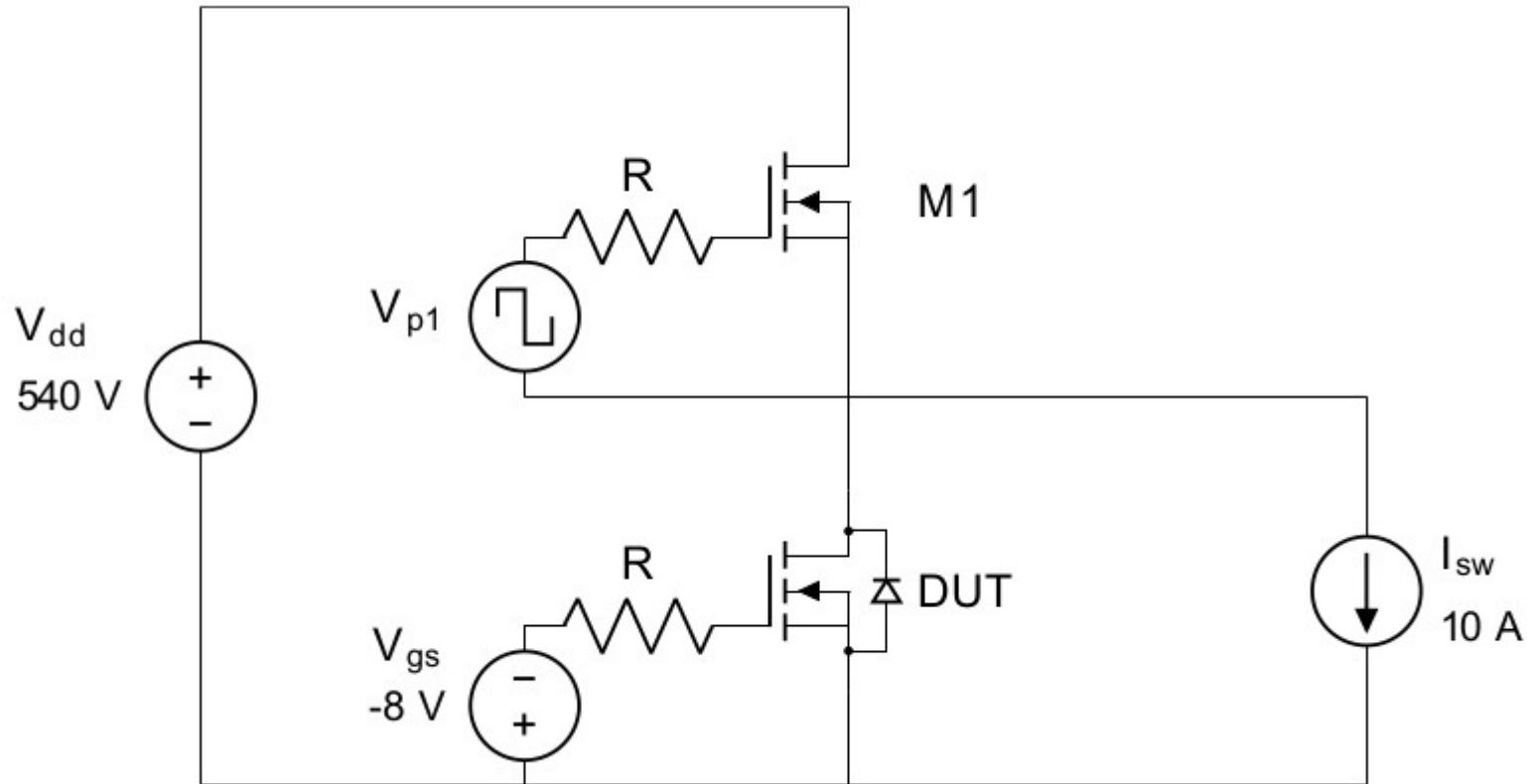
Comportement anormal dans Q3 !

➔ BDCT



Chopper Mode Bias (CMB)

BDCT en commutation !

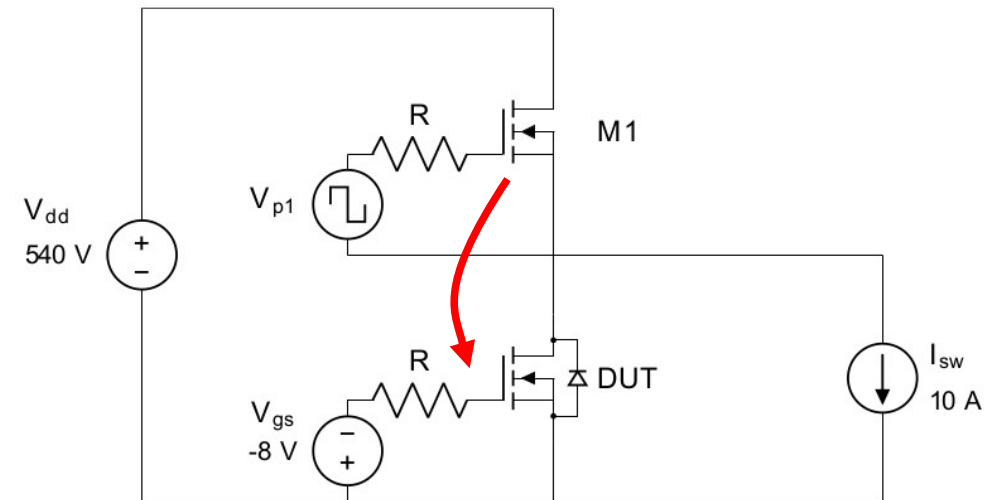
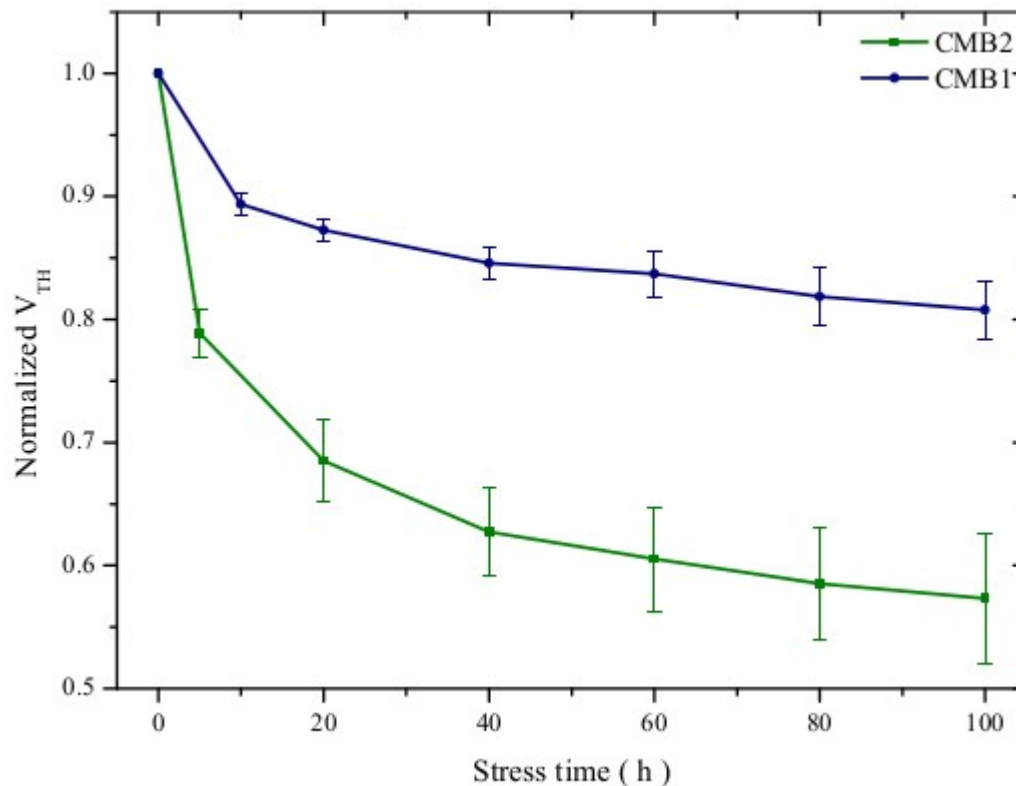


Motivation : la commutation peut favoriser l'injection de porteurs (chauds) dans l'oxyde.

Structure :back to back
Test-bench plus difficile à mettre au point

CMB : autoperturbations !

CEM : Autoperturbation du DUT (qui ne commute pas) par M1 → pics sur le V_{GS} (Miller)



CMB1 → CMB2 (~ 6 mois) → dégradations aggravées !

CMB : rôle de VGG-

Forte influence !

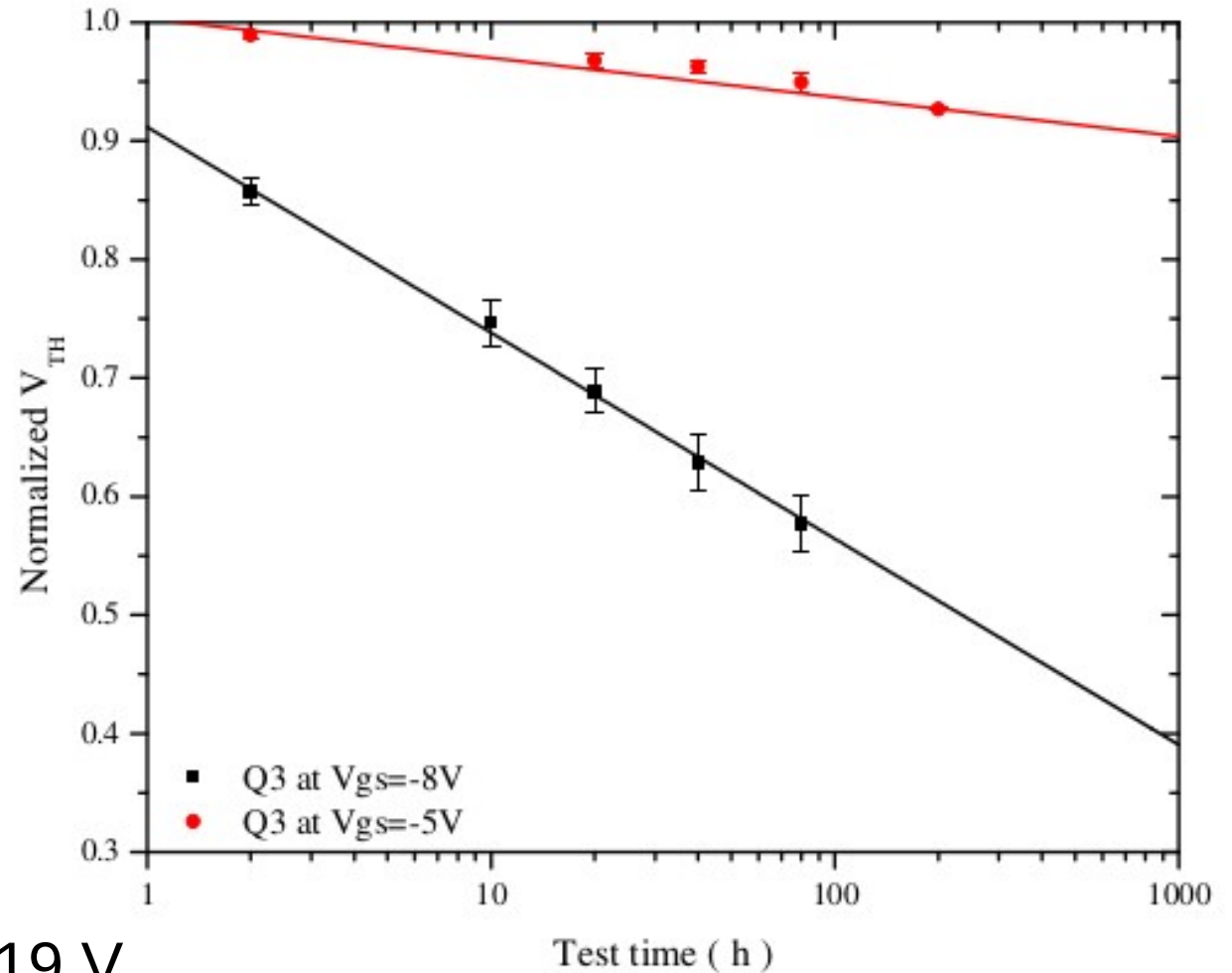
Wolfspeed datasheet

C3M0075120J

Rev. B, 07-2019

« Note (1): When using MOSFET Body Diode

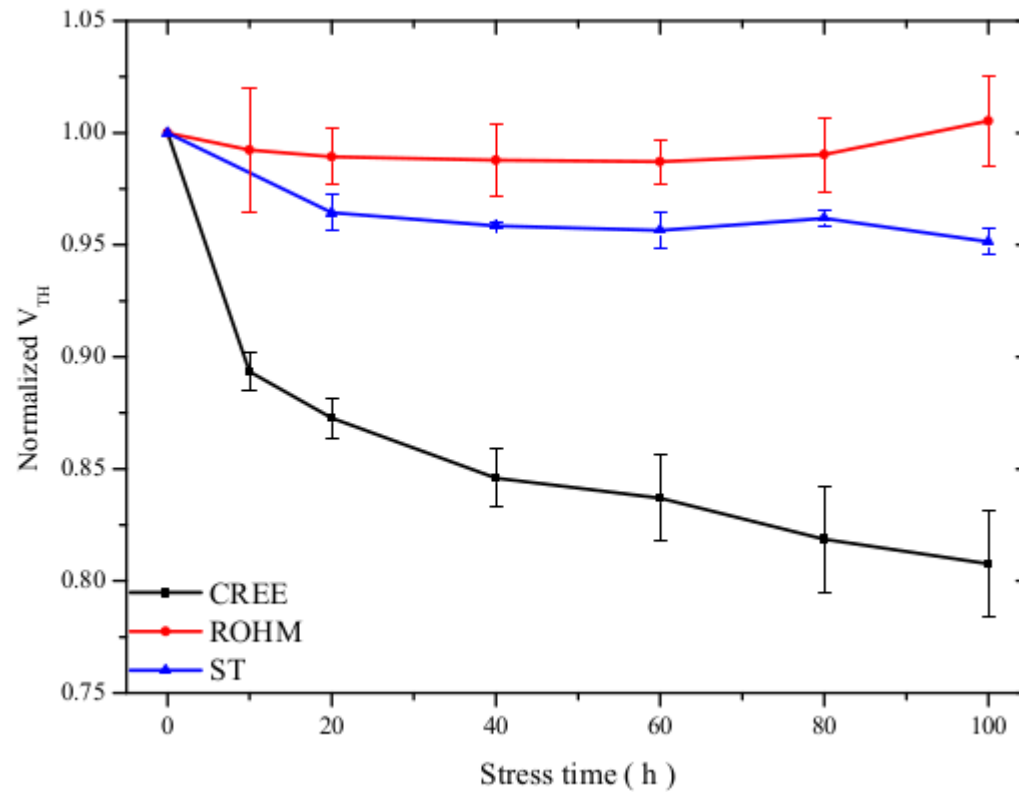
$V_{GSmax} = -4 \text{ V}/+19 \text{ V}$ »



Initialement, $V_{GSmax} = -8 \text{ V}/+19 \text{ V}$

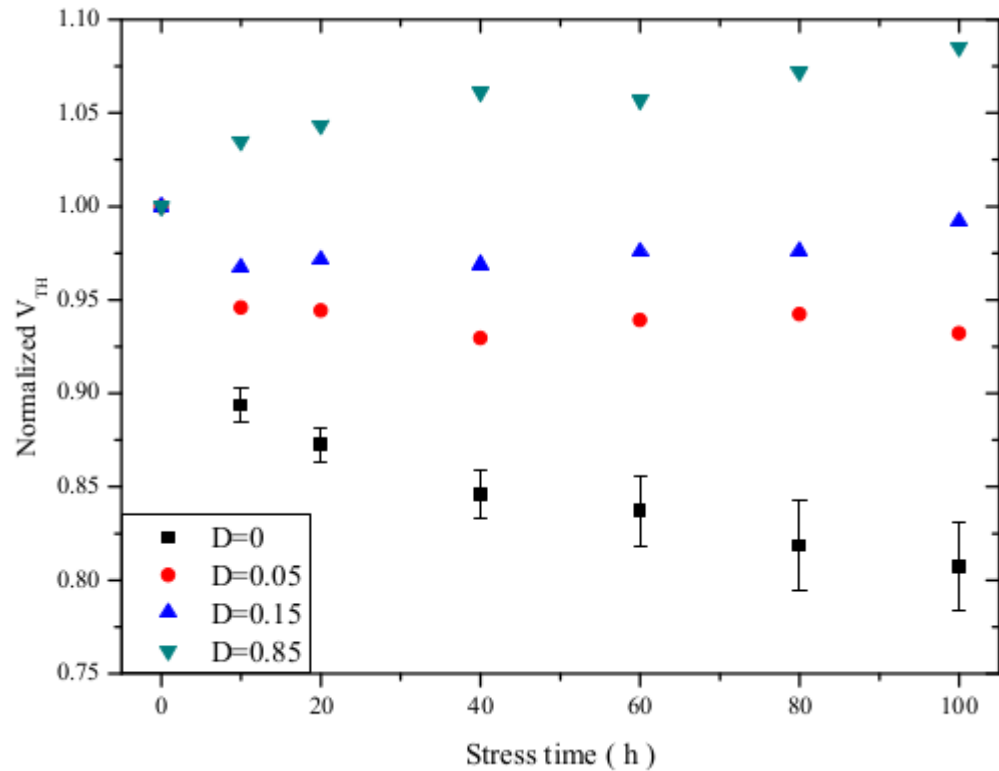
Influence du fabricant

Comparaison de la dérive CMB (BDCT) pour différents fabricants



Technologie de fabrication de l'oxyde de grille ...

Rôle du rapport cyclique



$V_{TH} \uparrow$

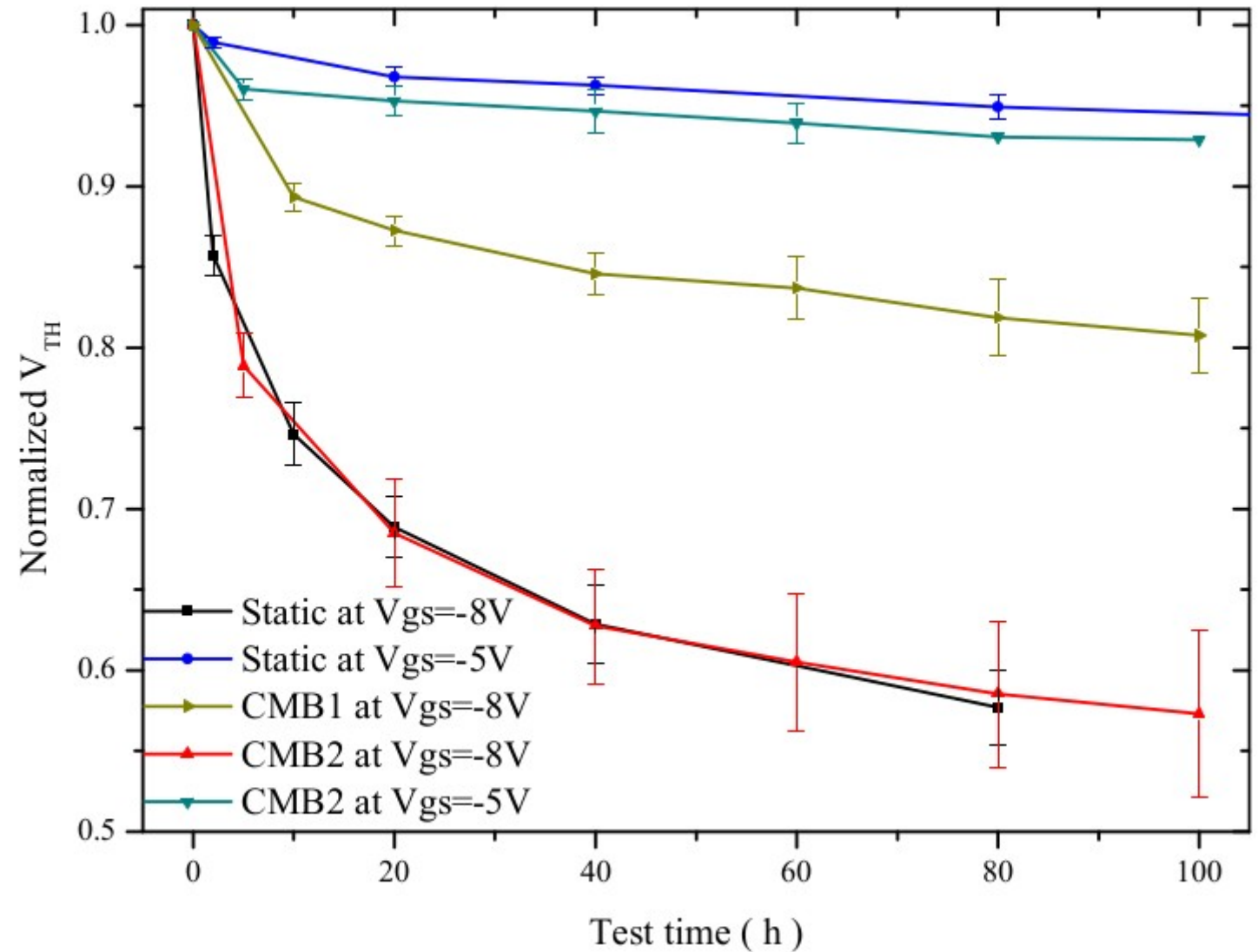
$V_{TH} \downarrow$

Rôle du rapport cyclique (conduction inverse canal ou body diode)
 ... et la vraie vie ? ... SiCRET → ITASC

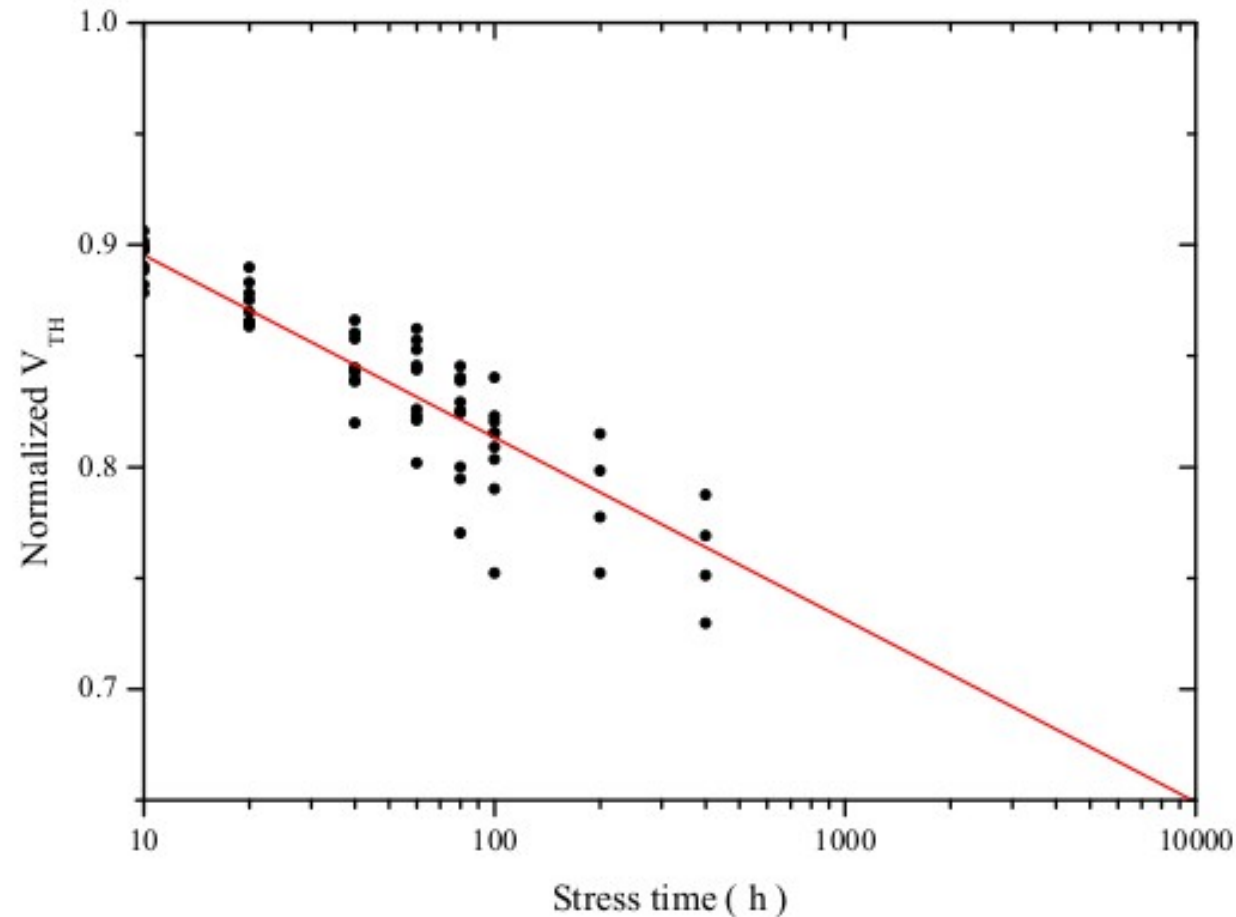
CMB/BDCT

La commutation influe assez peu !

CMB → BDCT !

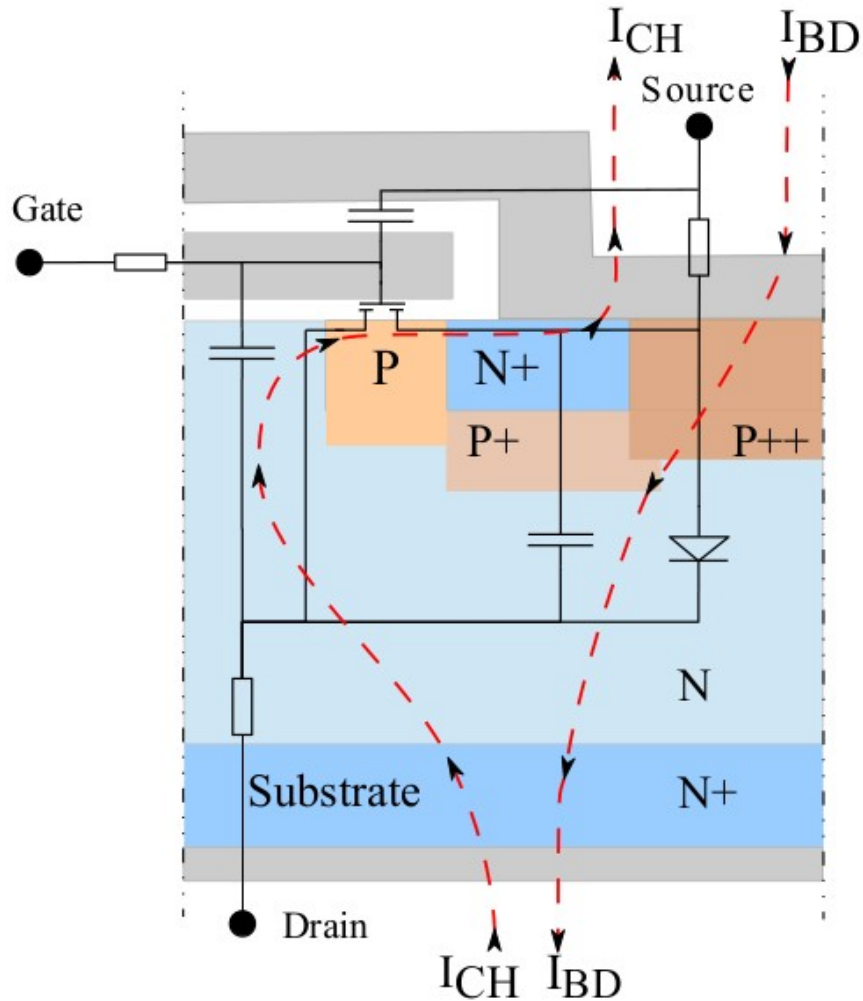


Extrapolation à long terme



Jusqu'à 35 % sur V_{TH} à 10^4 h ... mais le composant fonctionne toujours ! (immunité \uparrow , risque de courts-circuits \uparrow)

Interprétation ...



BDCT (CMB) → I_{BD} important

I_{CH} → pas d'influence sur la dérive de V_{TH} !

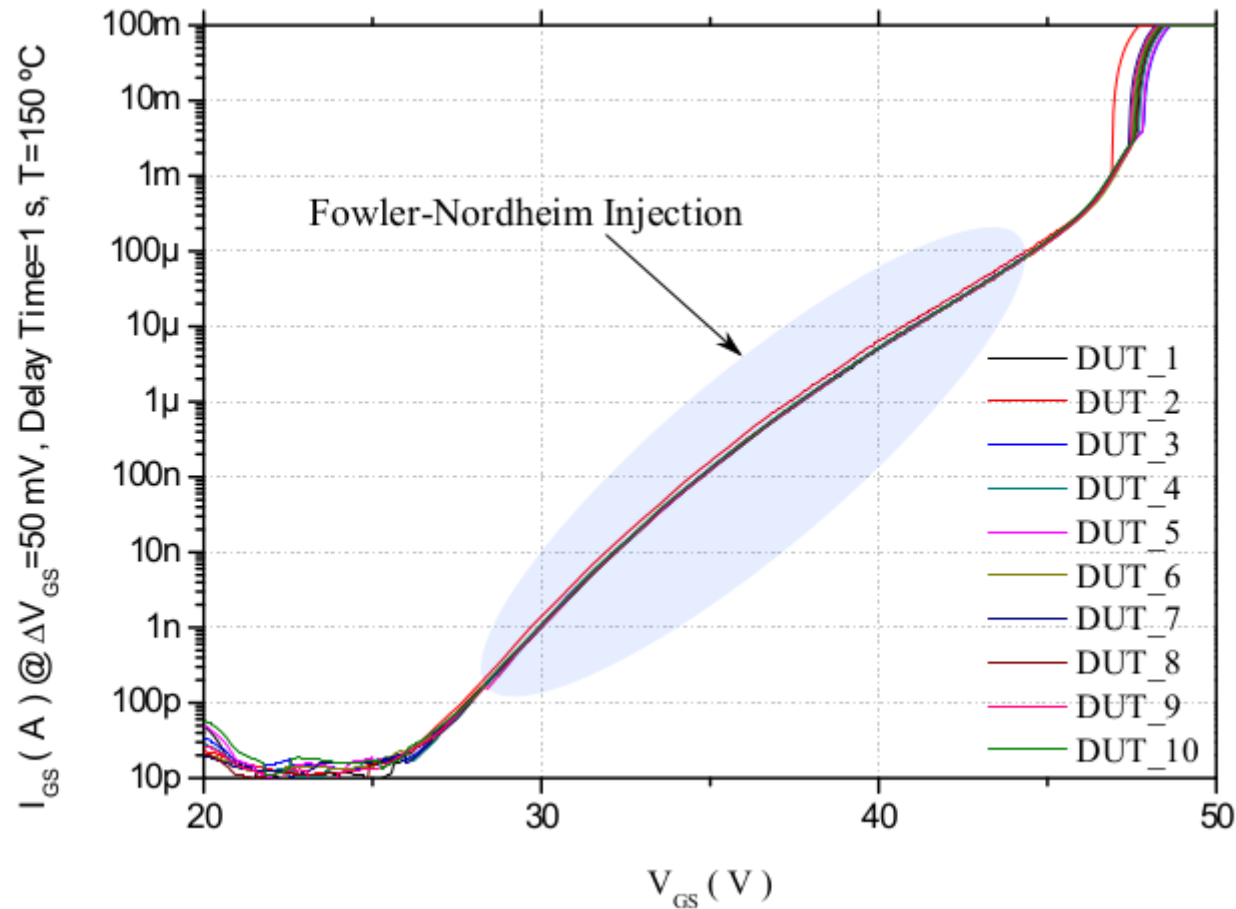
Lieux différents !
BDCT ≠ HTGB⁻ !!!

... to be continued !

Conclusions

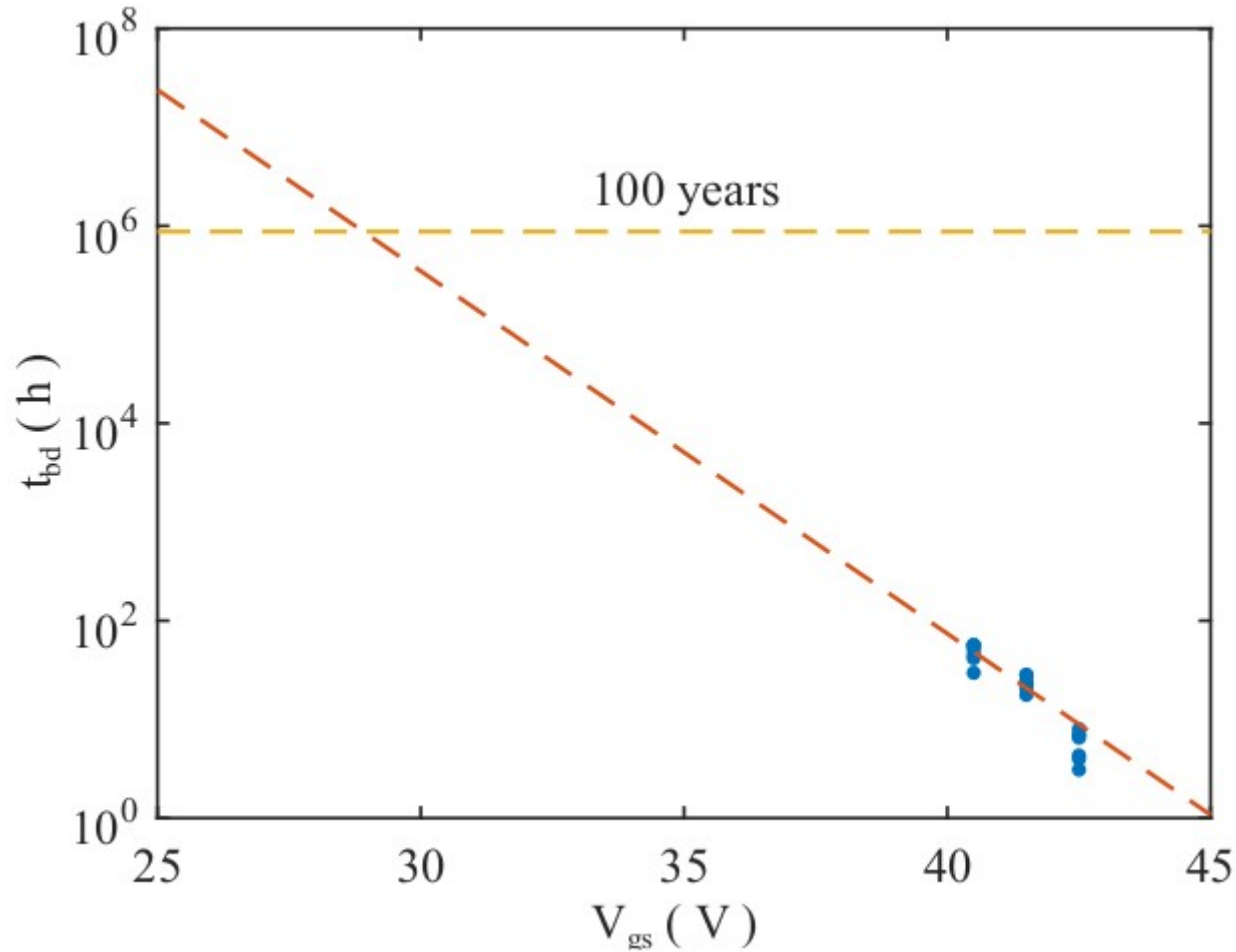
- Pas de dégradation de *stacking faults* observée !
- Légère dégradation de la résistance de source (métallisation)
- Forte diminution de V_{TH} en BDCT (Wolfspeed) mais toujours fonctionnel.
- To be continued ...

TDDDB (real life)



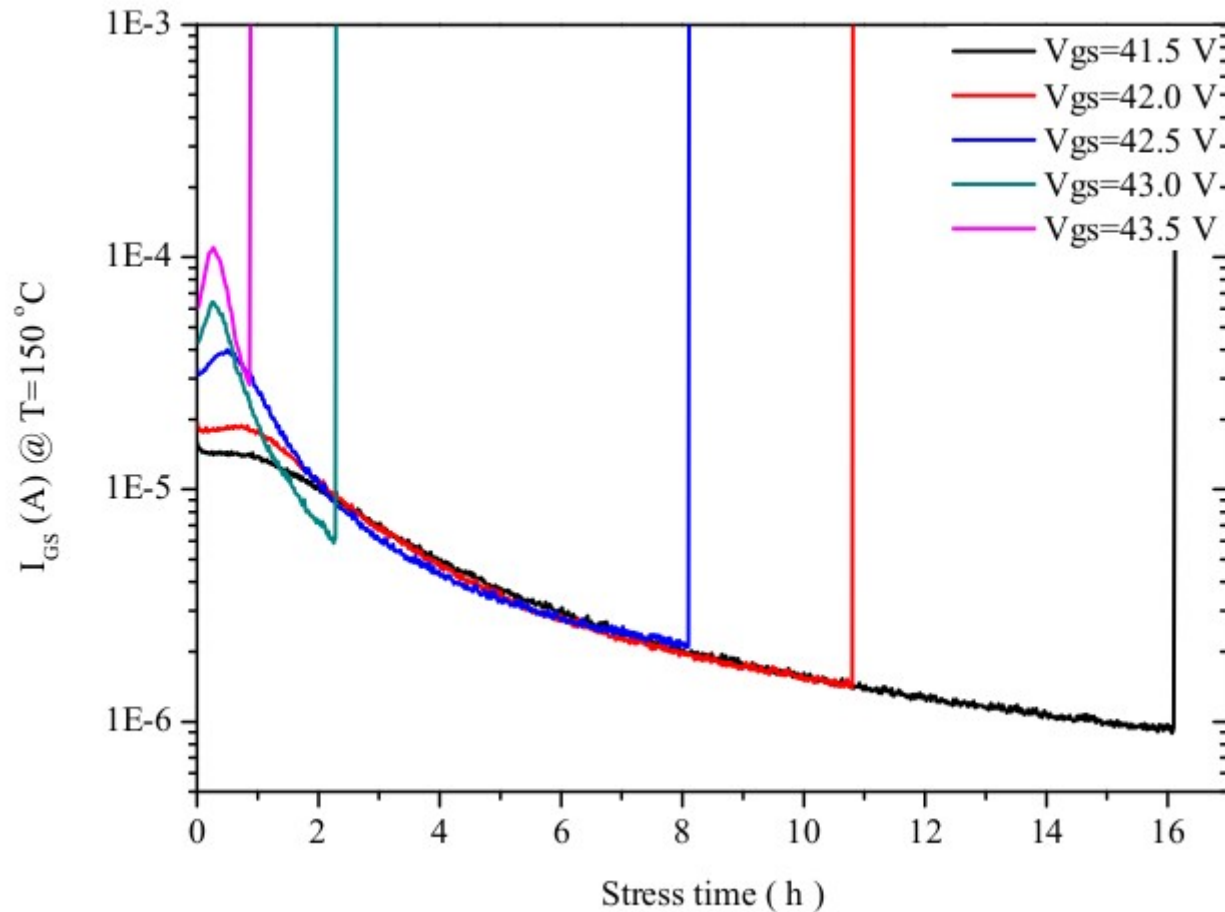
Différents régimes : 1- pas de courant, 2- FN, 3- dégradation rapide

TDDDB (Switching)



Pas d'influence significative de la commutation !

TDDDB : courant transitoire



Similitudes avec les courants (transitoires) dans la grille pendant les courts-circuits !

 **To be continued ...**