


# CENTRE FRANÇAIS DE FIABILITE



Centre Français Fiabilité



# Techniques d'analyse en Electroluminescence



Réalisé par :  
Niemat Moultif

Encadré par :  
Eric Joubert  
Olivier Latry



# Plan

- ▣ Contexte
- ▣ Principe de la photoémission
- ▣ Analyse spectrale en photoémission
- ▣ Méthodologie
- ▣ Résultats & Tests
- ▣ Perspectives



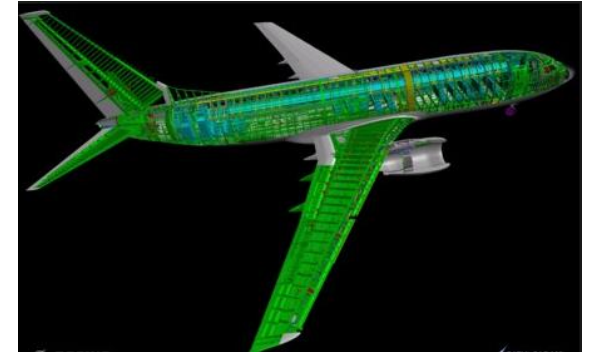
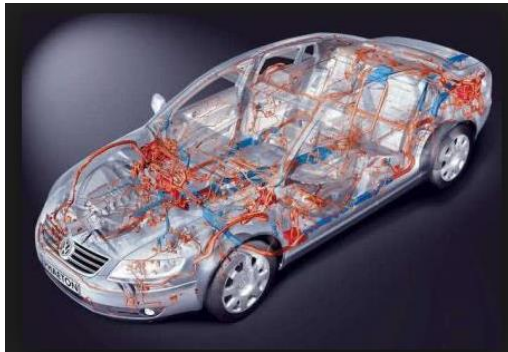
# Contexte

Objectif  
FIRST

Développement d'une **méthodologie  
d'analyse de défaillance** des composants  
**critique** de FIRST

Moyens Instrumentaux  
du laboratoire

Microscope à  
émission de  
photons



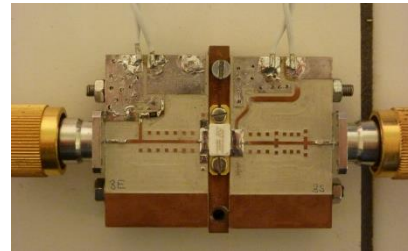
# Contexte de la thèse : Analyse de défaillance

## Du composant à la structure interne ...

Caractérisation électrique des composants

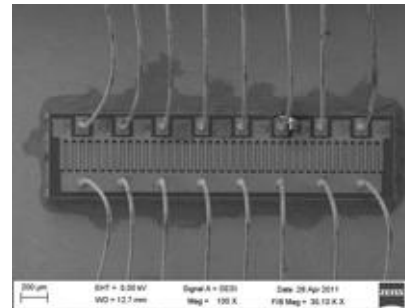


Viellissement en conditions opérationnelles

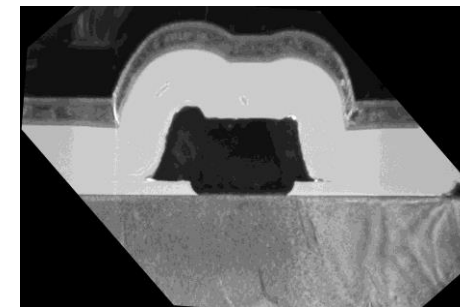


Ouverture par voie laser ou chimique

Microscopie à photoémission, OBIRCH



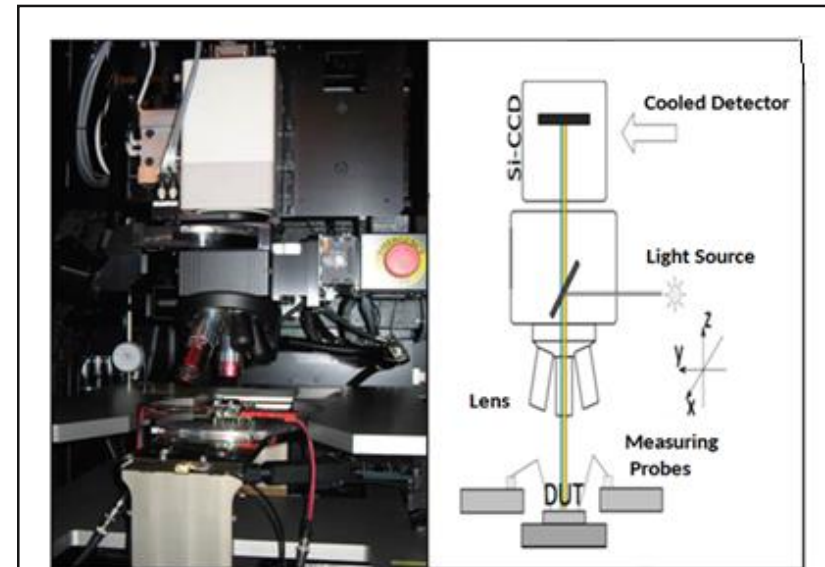
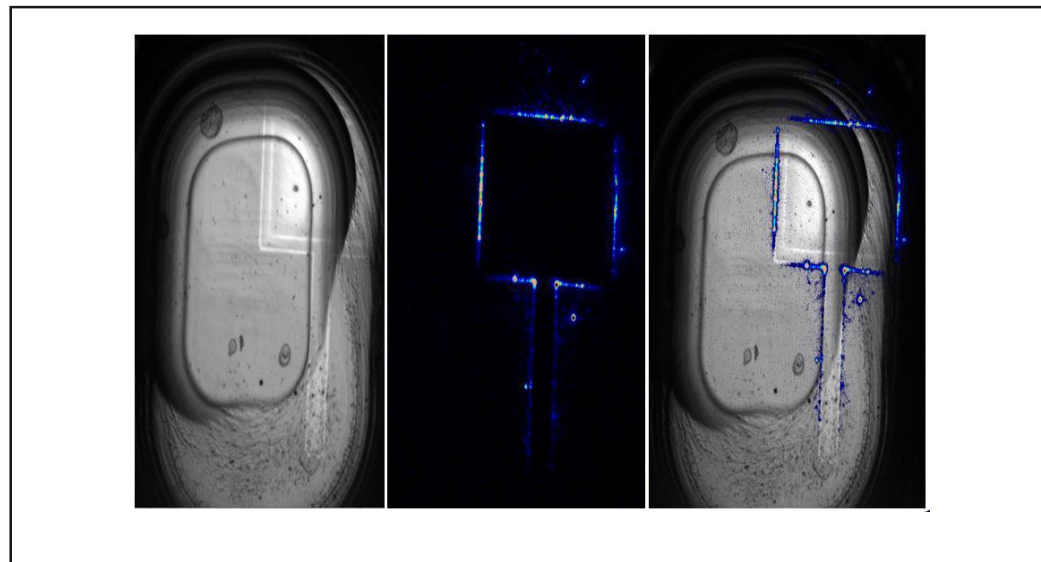
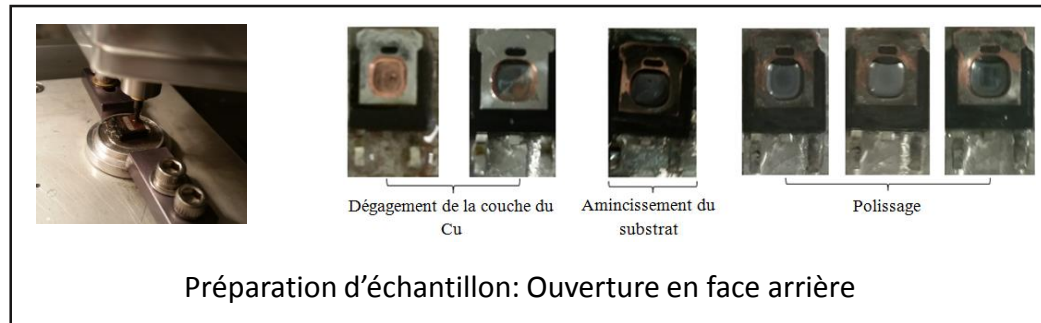
Analyse microstructurale FIB, MET, SAT



- OBIRCH: Optical Beam Induced Resistance Change
- FIB: Focused Ion Beam
- TEM: Transmission electron microscopy
- SEM: Scanning electron microscopy

# Electroluminescence : principe

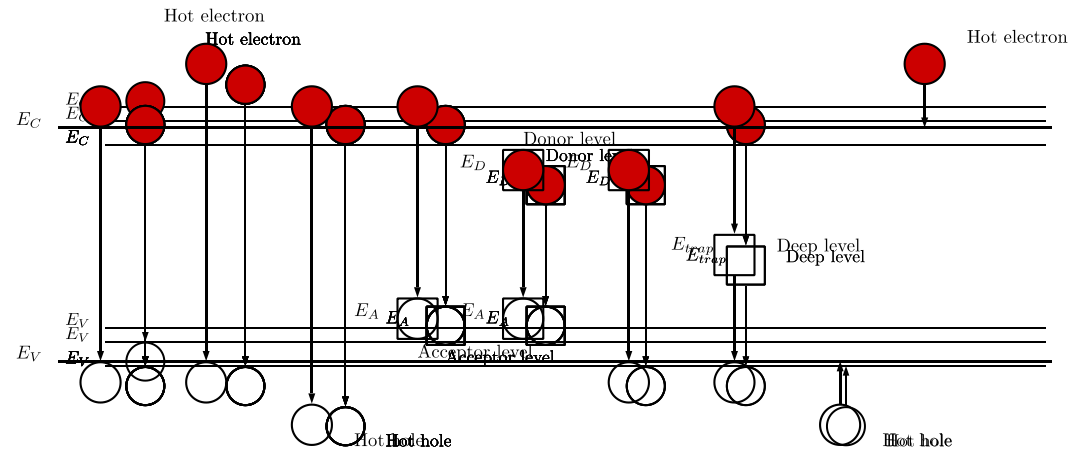
- La microscopie à émission de photons (PEM) est une technique non destructive pour la localisation de défauts sur composants actifs.



## PHEMOS 1000

- **Lentilles** :Macro 0.8x, NIR 5x, NIR 20x, HighNA 50X, NIR 100X
- **Si-CCD – Haute Sensibilité** : 1024 x 1024

# Electroluminescence – Origine

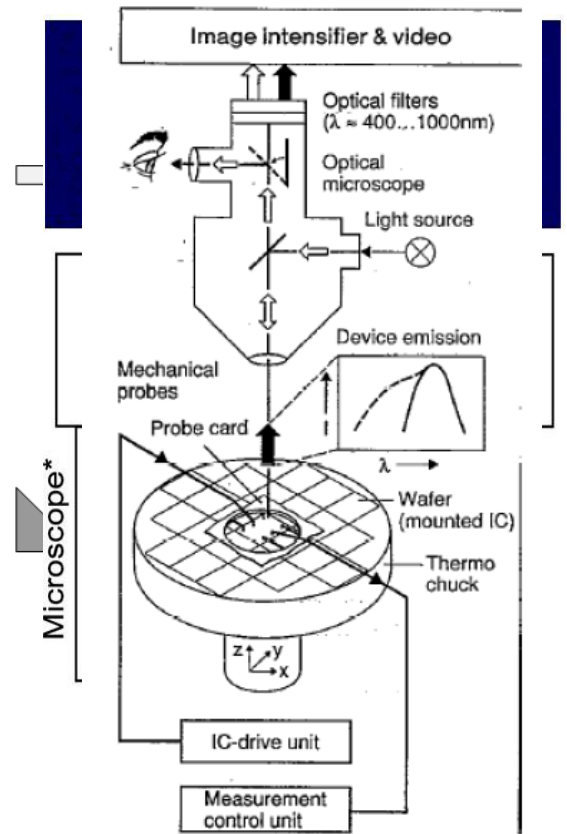
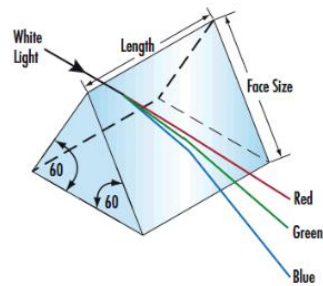


Les différentes transitions possibles avec l'émission de lumière

## Classification des différents types d'émission de lumière:

- Les émissions qui sont dues à des défauts ou des défaillances dans le dispositif: (Les défauts de jonction, fuite d'oxyde ...) [1]
- Les émissions qui sont dues au fonctionnement normal du DUT selon les conditions de test :(Grille flottante, Transistor saturé....)
- Les émissions qui ne sont pas détectables
- Les défauts qui n'émettent pas

# Electroluminescence – Approche spectrale



ctive  
ns

Insertion d'un réseau de diffraction dans le chemin optique du microscope  
Analyse spectrale en photoémission avec un prisme [1].  
Analyse spectrale avec des filtres passe bande [2]

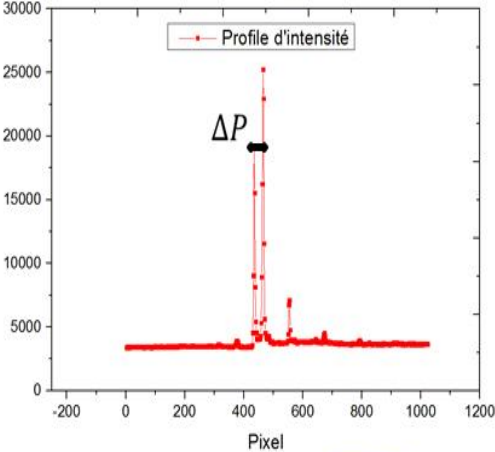
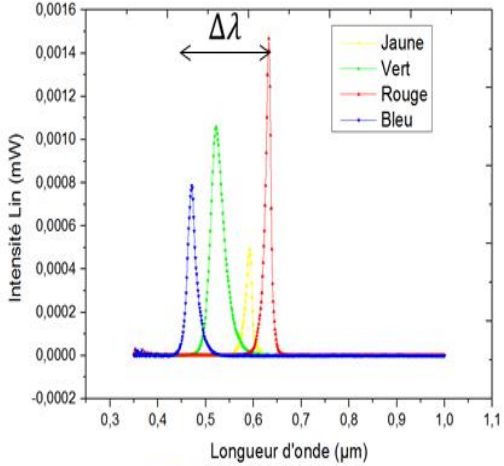
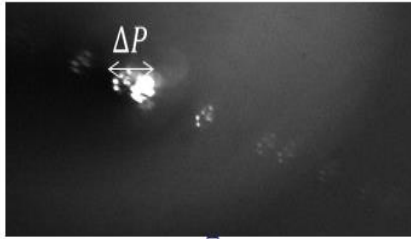
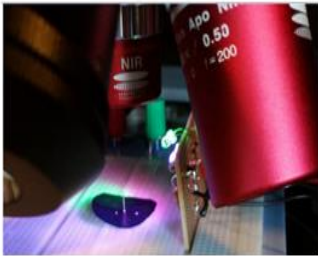
[1] P. Scholz, A. Glowacki, et. al. "Single Image Spectral EL of GaN HEMTs", (IRPS), 2013 IEEE.

[2] Kolzer J, Boit C, et. Al. "Quantitative Emission Microscopy", J Appl Phys, Vol 70, No 11, 1992.





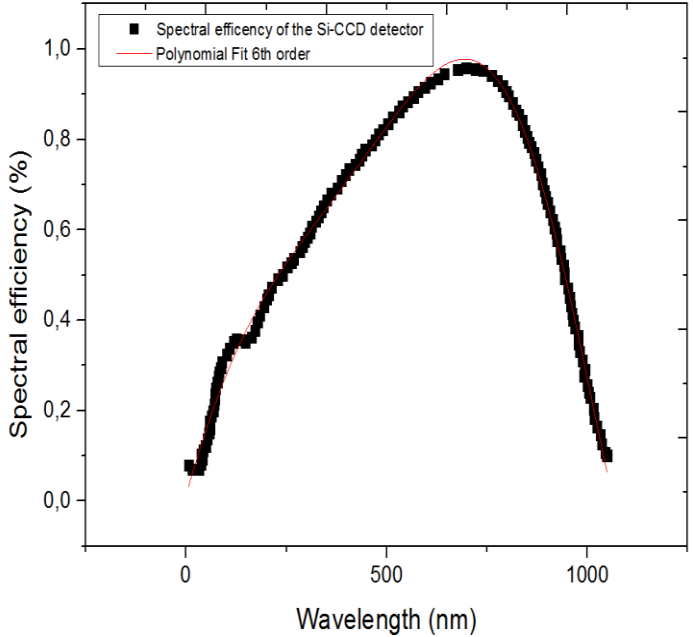
# Electroluminescence - Calibration



$$\lambda = -5 P + 2801$$

Relation entre la longueur d'onde et la position x

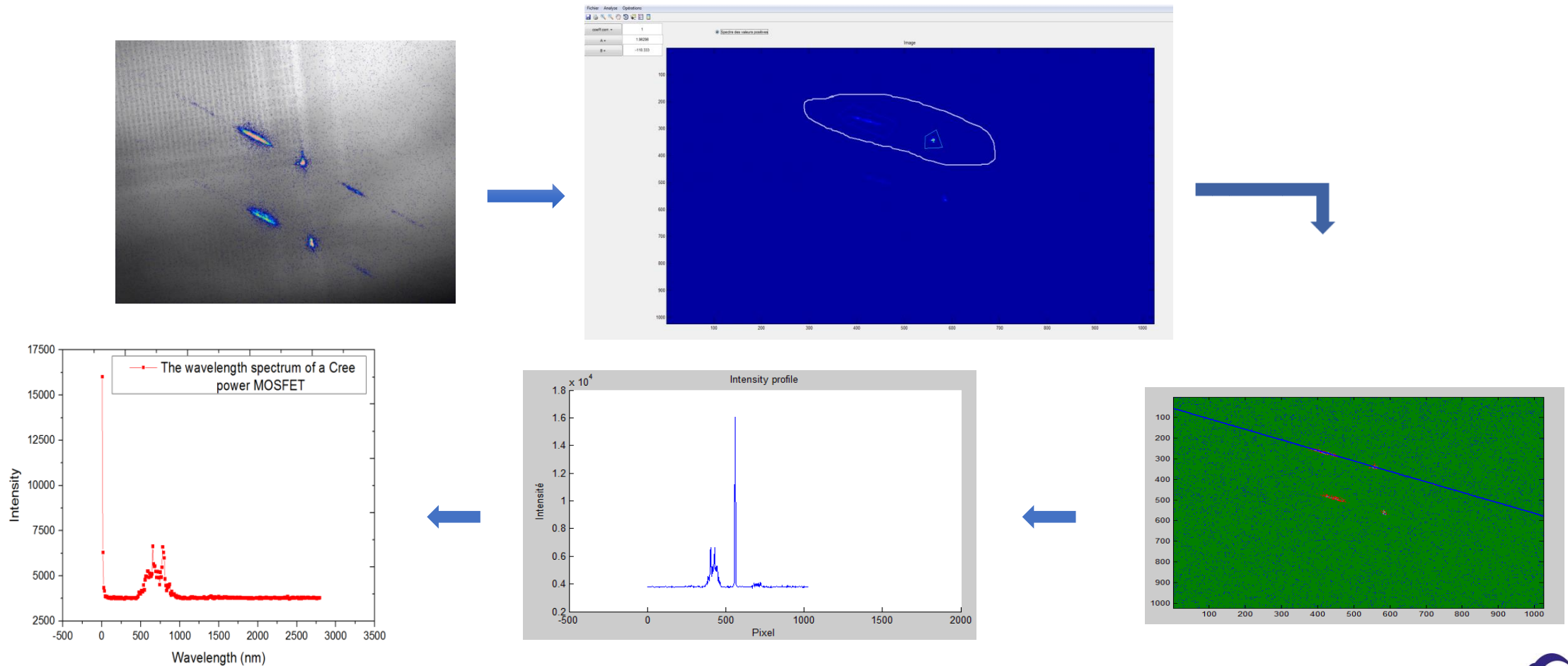
Utilisation des Leds calibrées → calibration spectrale



=> Corrigé = Phemos / réponse Du SI-CCD

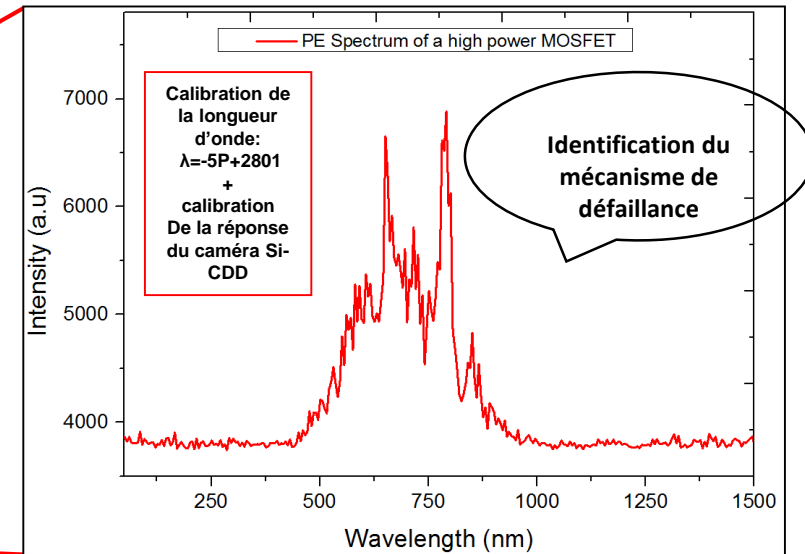
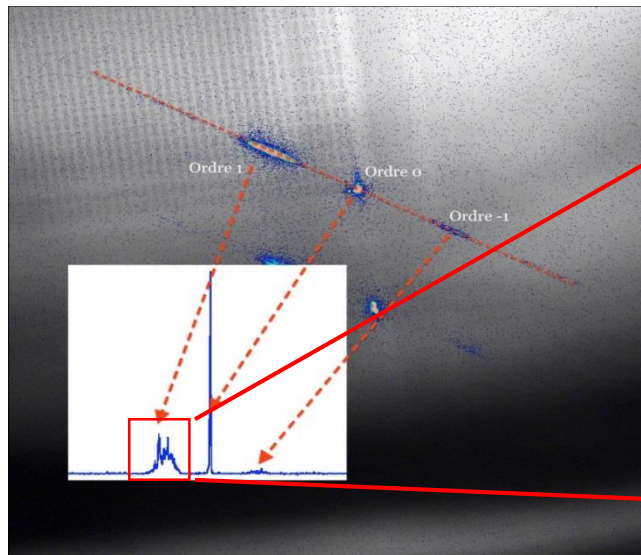
Correction de l'intensité avec la réponse spectrale du détecteur SI-CCD

# Electroluminescence – Spectrum Extraction

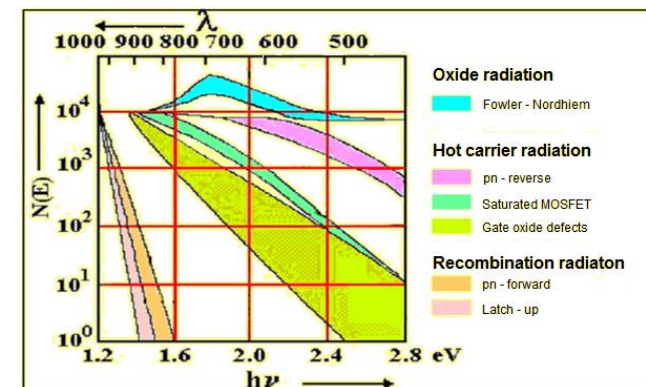


Extraction automatisée → Éviter les erreurs dépendant de l'opérateur

# Analyse spectrale en PE: Méthodologie



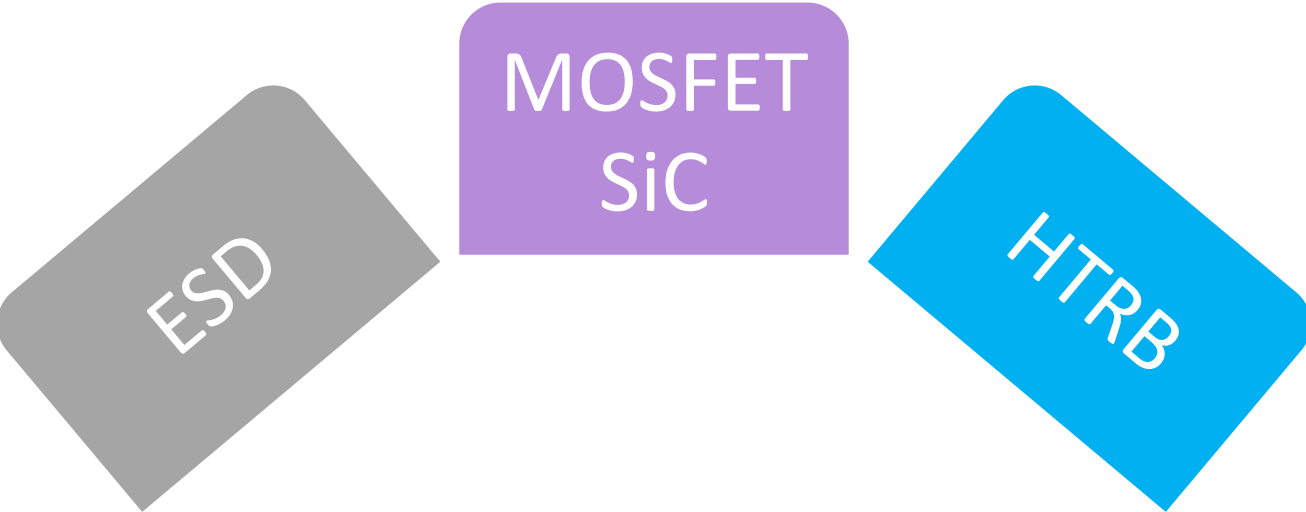
Chaque mécanisme de défaillance (causé par: la faible épaisseur d'oxyde, porteurs chauds, fuite de jonction...) est caractérisé par une enveloppe spectrale spécifique [1].



# Application : MOSFET SiC



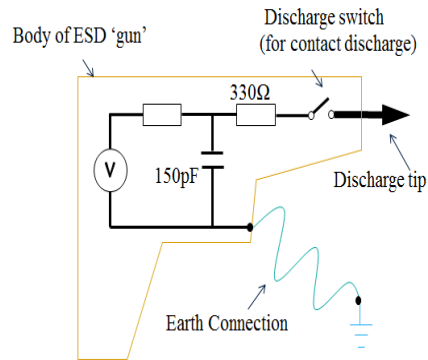
Maximum rating  
 $V_{ds}=1200V$   
 $I_{ds}=19A$



# Application 1: Stress ESD



Maximum rating  
 $V_{ds}=1200V$   
 $I_{ds}=19A$



		Tir à 8 KV		Tir à 6 KV	
		C04	C07	C46	C48
Rds (on) (mΩ)	Neuf	407	408	237	237
	Après Stress ESD	374	373	231	220
Vth (V)	Neuf	3,152	3,18	2,0835	2,006
	Après Stress ESD	2,85	2,93	1,197	1,771
Idss (A)	Neuf	4E-10	1,2E-8	8,03159E-10	7,09624E-10
	Après Stress ESD	2E-9	3,3E-6	2,12173E-5	6,2117E-9

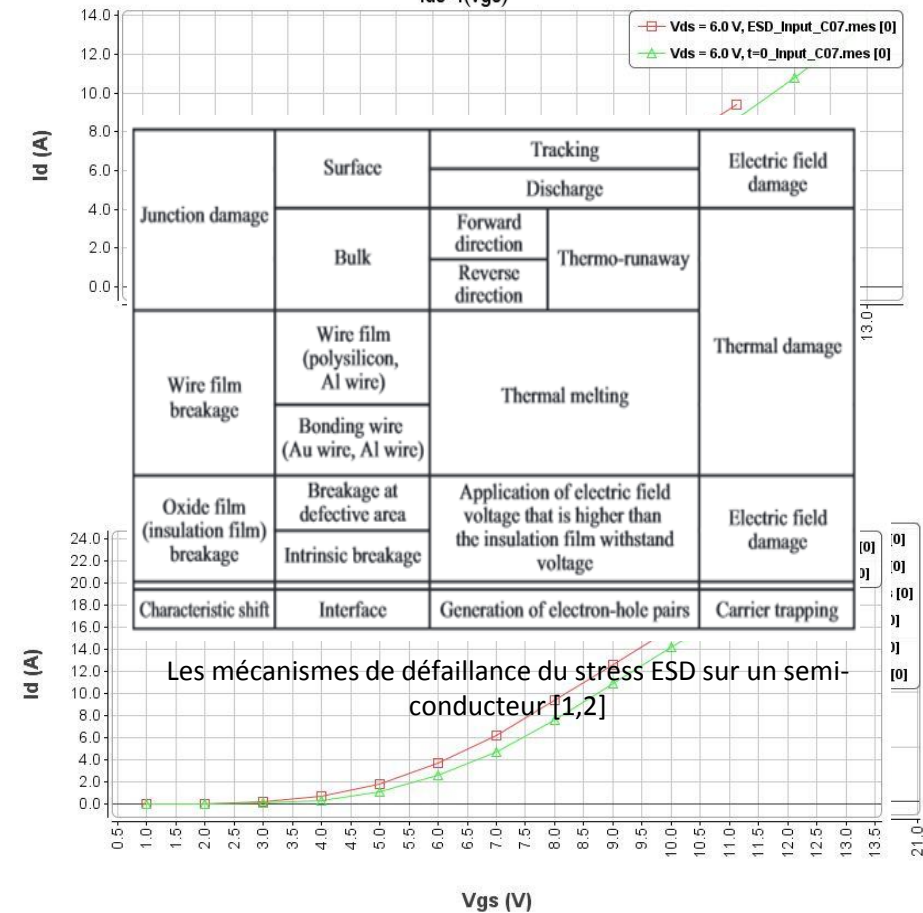
## Stress ESD:

- ⇒ Baisse de la résistance à l'état passant
- ⇒ Augmentation du courant de saturation
- ⇒ Baisse de la tension de seuil
- ⇒ Augmentation du courant de fuite

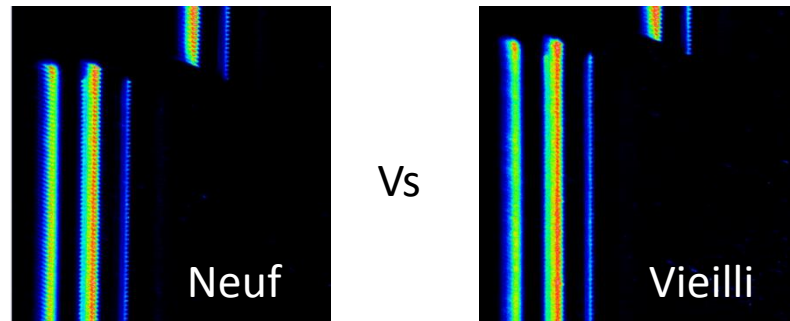
## C07: Caractéristique de sortie

## C07: Caractéristique d'entrée

$$I_{ds}=f(v_{gs})$$



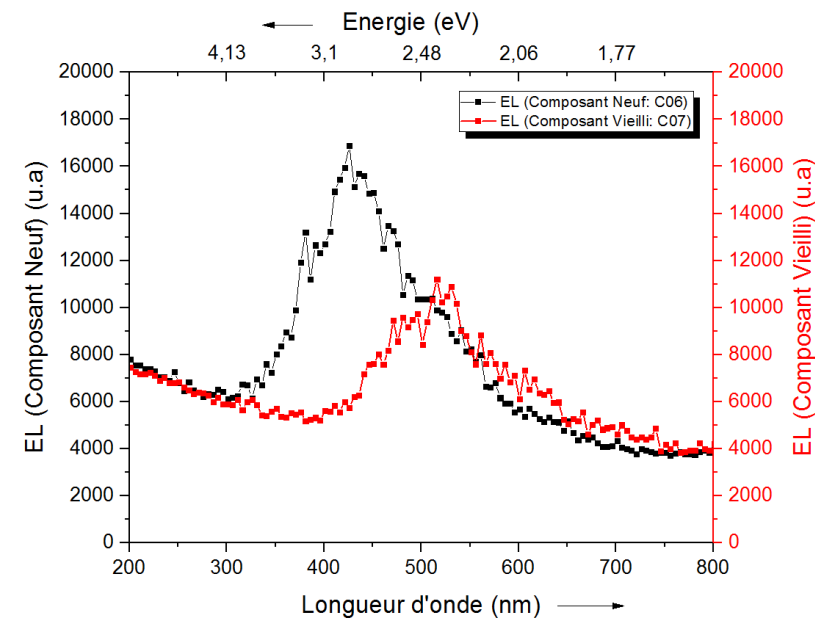
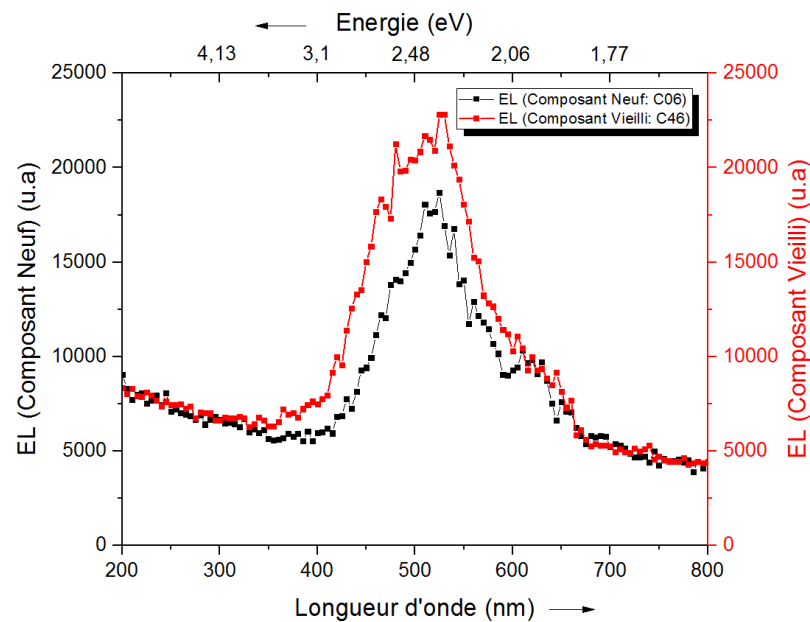
# Application 1: Stress ESD: Analyse en SPEM



Vs



Analyse en SPEM



Pas de modification spectrale pour le C46

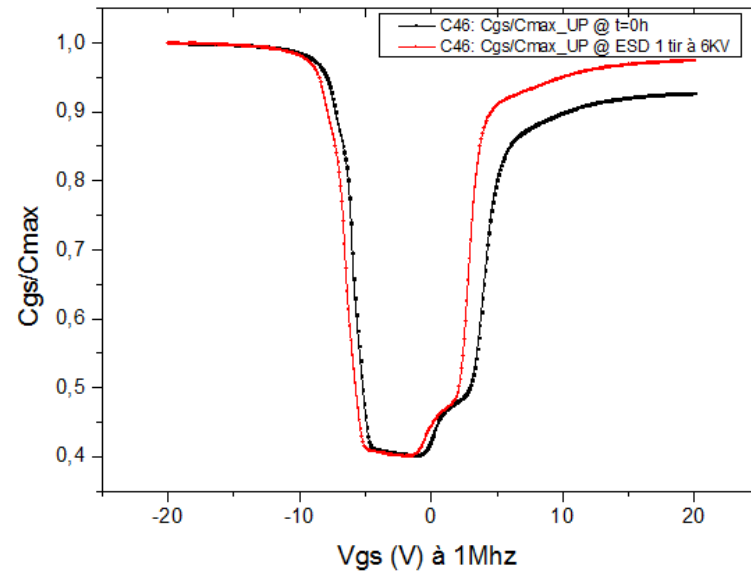
Shift Spectrale pour le C7 → Modification de la concentration des dopants?

Dégradation de la Jonction PN ?

# Application 1: Stress ESD: Analyse en C-V

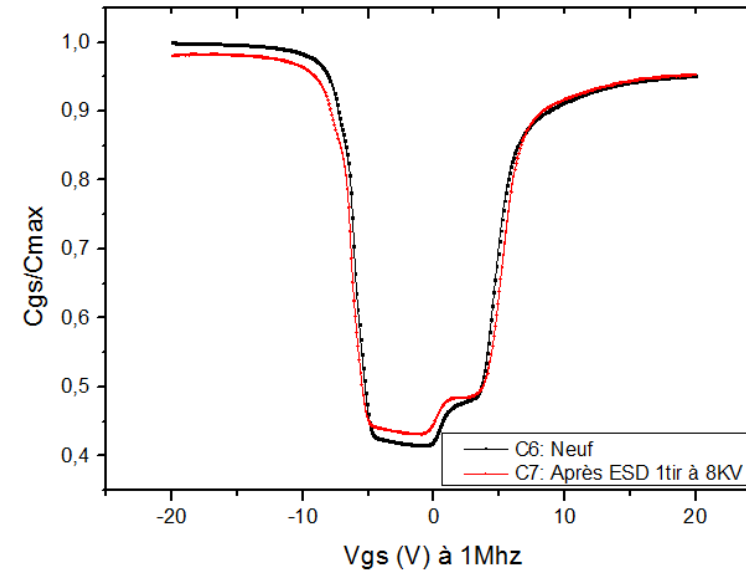


Maximum rating  
Vds=1200V  
Ids=19A



- ⇒ Augmentation de la capacité sous le caisson N + et un shift de la pente côté N.
- ⇒ Diminution de la tension bande plat e  $V_{fb}$
- ⇒ Diminution de la concentration de dopant de type donneur  $N_D$ .
- ⇒ Présence de charges positives dans l'oxyde côté caisson N

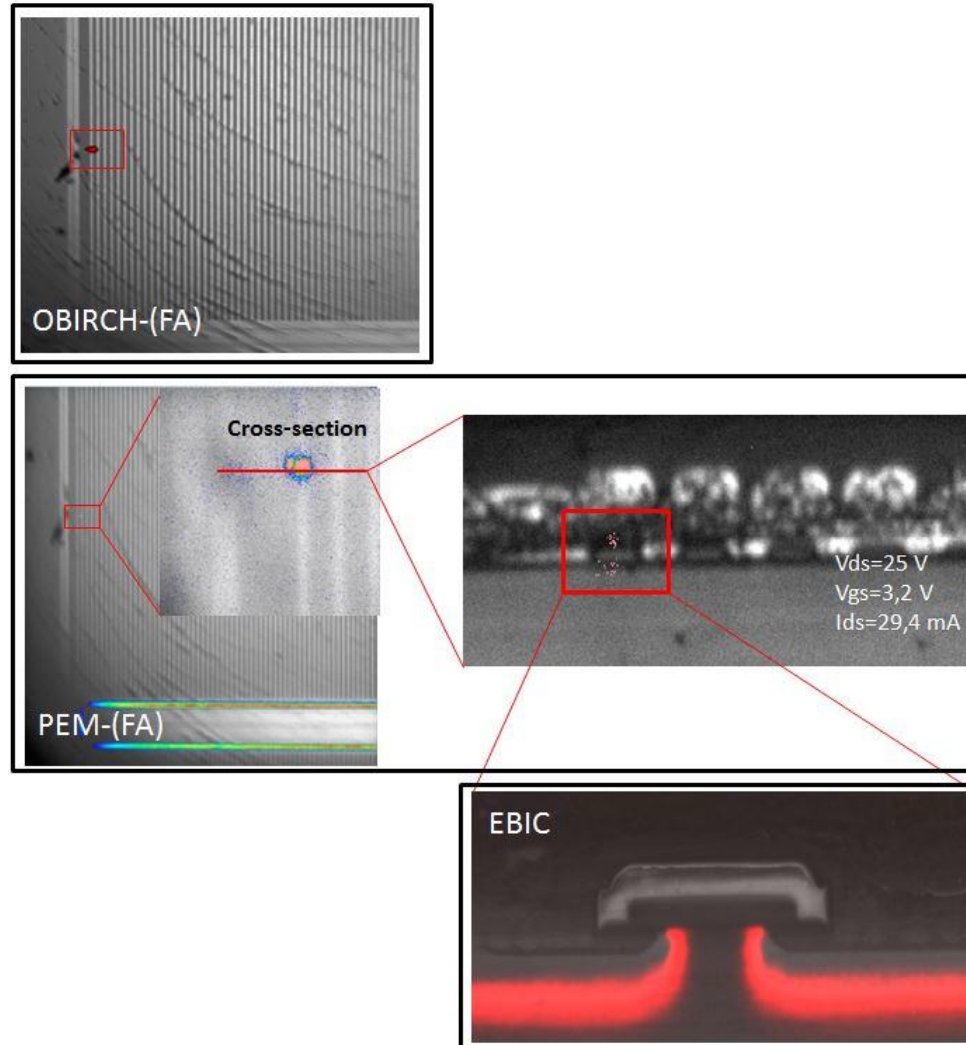
➔ Dégradation de l'oxyde



- ⇒ Baisse de la capacité sous le caisson P.
- ⇒ Décroissance de la quantité de charge à l'interface Oxyde-Caisson P.
- ⇒ Baisse de la concentration des dopants de type accepteur  $N_A$ .
- ⇒ Diminution de la hauteur de barrière entre le caisson P et le caisson N.
- ⇒ Décalage spectral dans le sens des longueurs d'onde croissant

➔ Dégradation de la jonction PN

# Application 1: Stress ESD

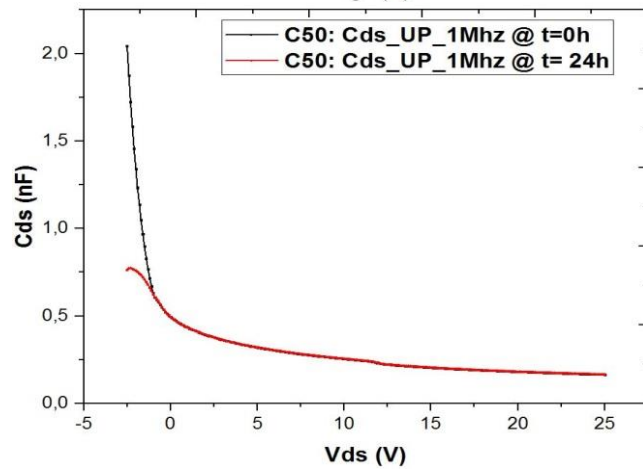
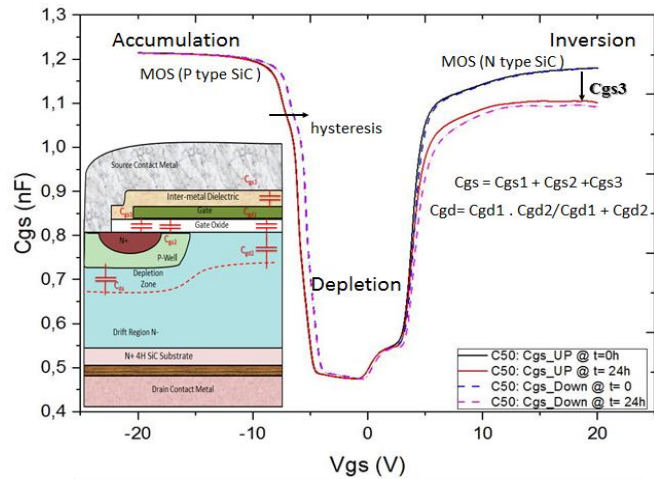




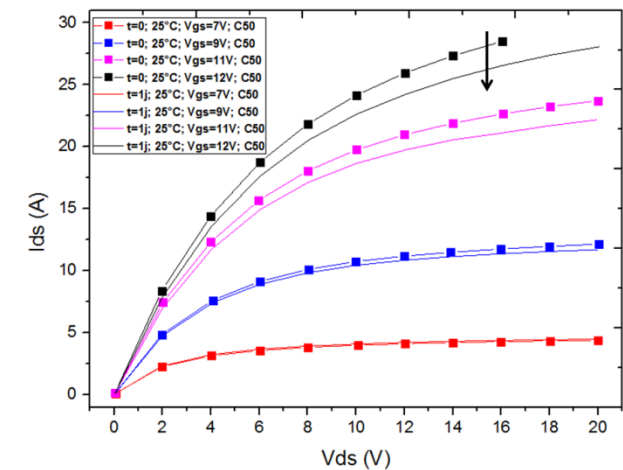
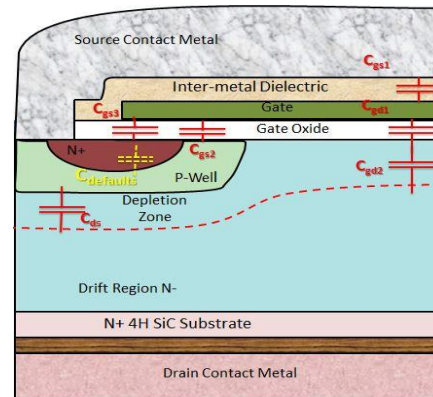
# Application2: Stress HTRB

➤ HTRB : Température constante = 150°C

$V_{gs}=0V$   
 $V_{ds}=1100V$

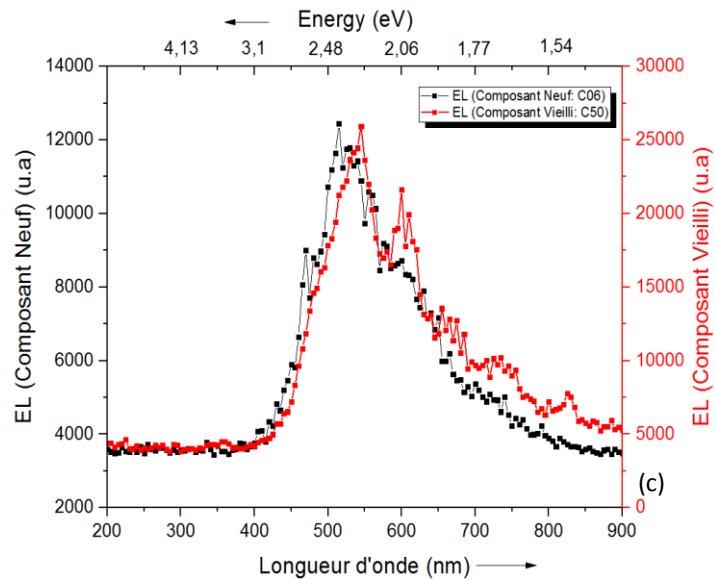
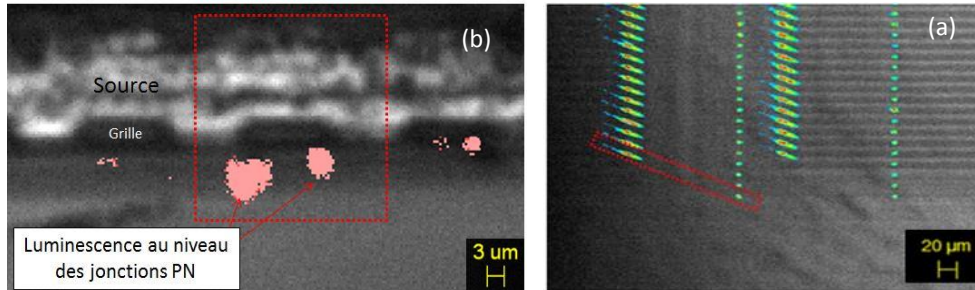


HTRB (Vds=1100V)	$V_{th}$ (V) t=0	$V_{th}$ (V) t=1j	$R_{ds(on)}$ mΩ t=0	$R_{ds(on)}$ mΩ t=1j	$I_{dss}$ (nA) t=0	$I_{dss}$ (pA) t=1j
C50	2.256	2.153	262.5	287.5	0.872	52.9

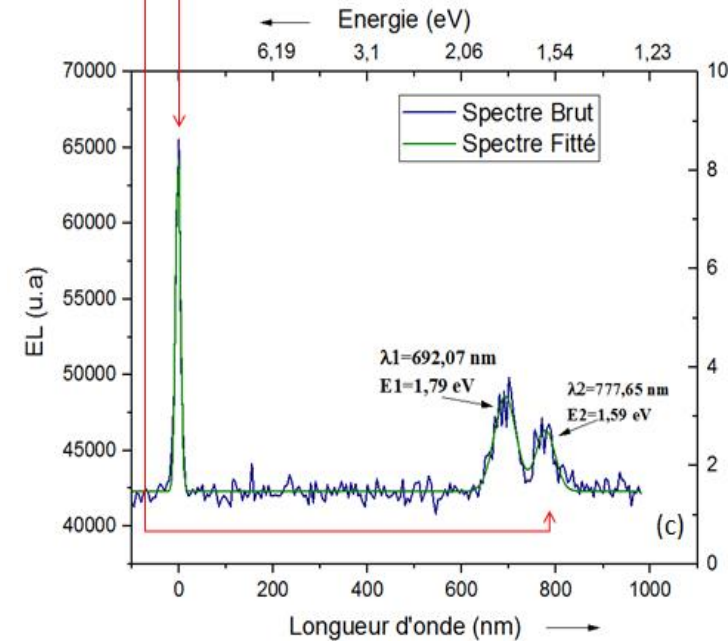
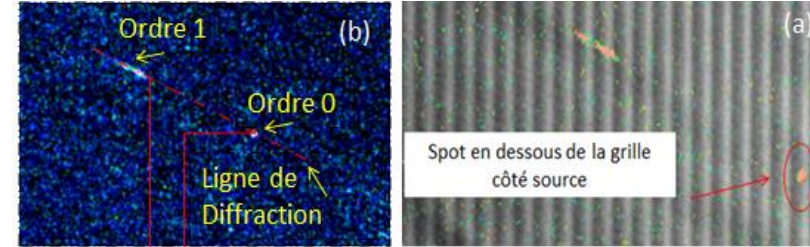


➔ Dégradation de la jonction PN

# Application 2: Stress HTRB



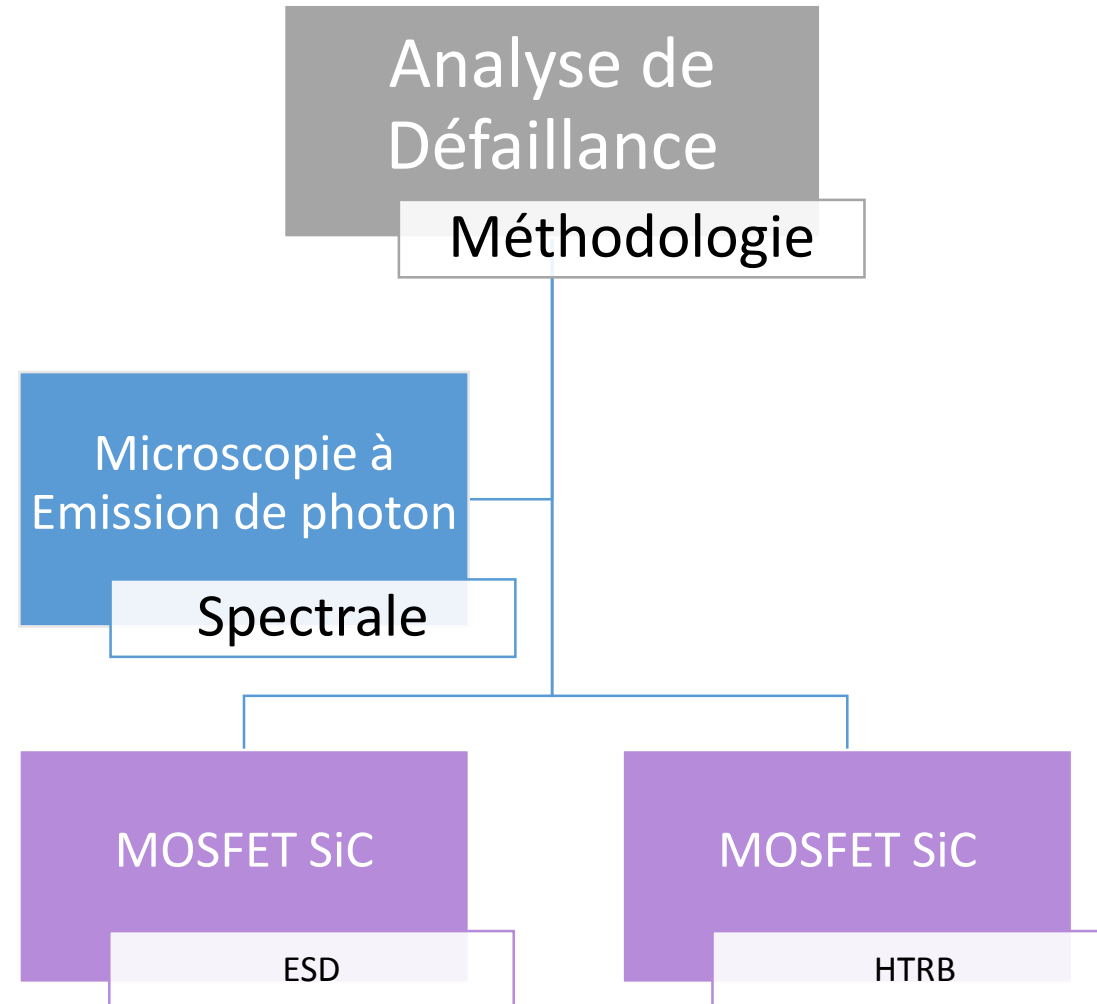
⇒ Décalage spectral dans le sens des longueurs d'onde croissant



⇒ Pièges dans la jonction PN

➔ Dégradation de la jonction PN

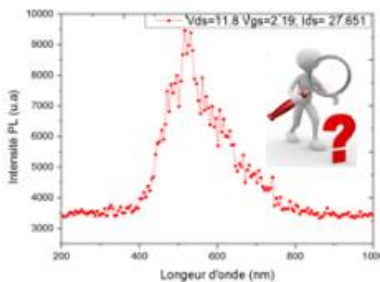
# Conclusion



# Conclusion

## Analyse spectrale en photoémission

- Approche originale
- Processus non destructif - le composant fonctionne toujours après mesure
- Complémentaire aux méthodes destructives comme FIB / MEB / ATP
- Nécessite un accès à la zone actif du composant
- Exige une comparaison avec un composant de référence
- Les défauts doivent être de type émissifs.
- Exige une bonne interprétation des spectres



=> Construire une base de donnée qui corrèle la longueur d'onde et les mécanismes de défaillance.