

# NRTW 2026

## National Reliability Technology Workshop

Mercredi 1<sup>er</sup> & jeudi 2 avril 2026 | Grenoble

### Evaluation de la Fiabilité de Diodes Lasers pour un Environnement Spatial


Sébastien LHUILLIER  
slhuillier@adveotec.com

Organisé par :



Financé par :





CA 1,2 M€

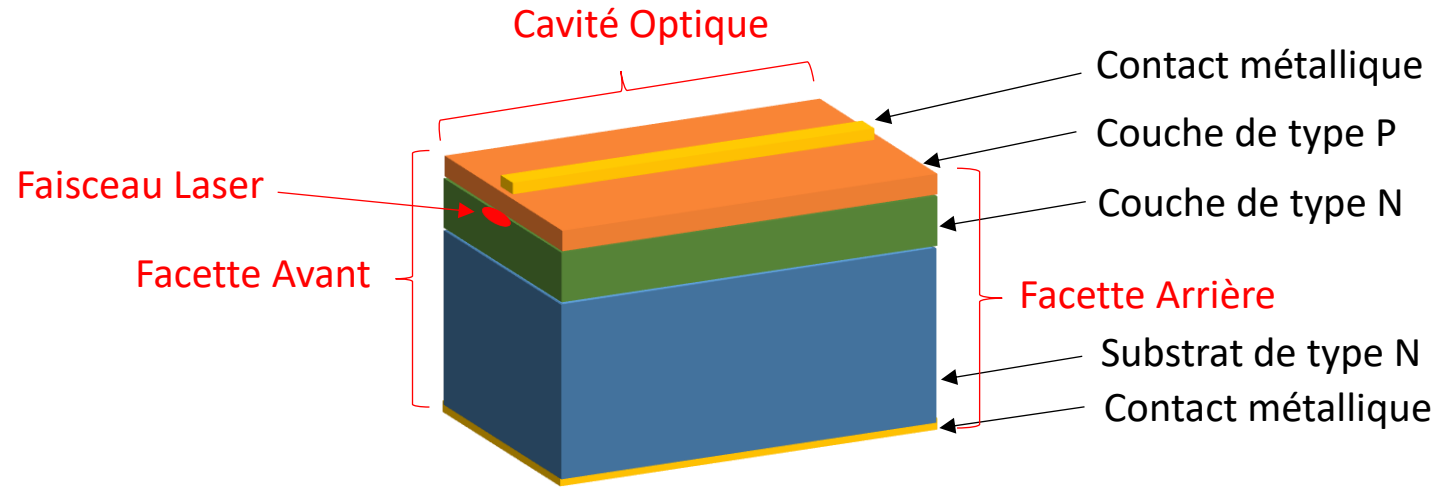
Couverture nationale et européenne

22 ans d'existence

16 collaborateurs

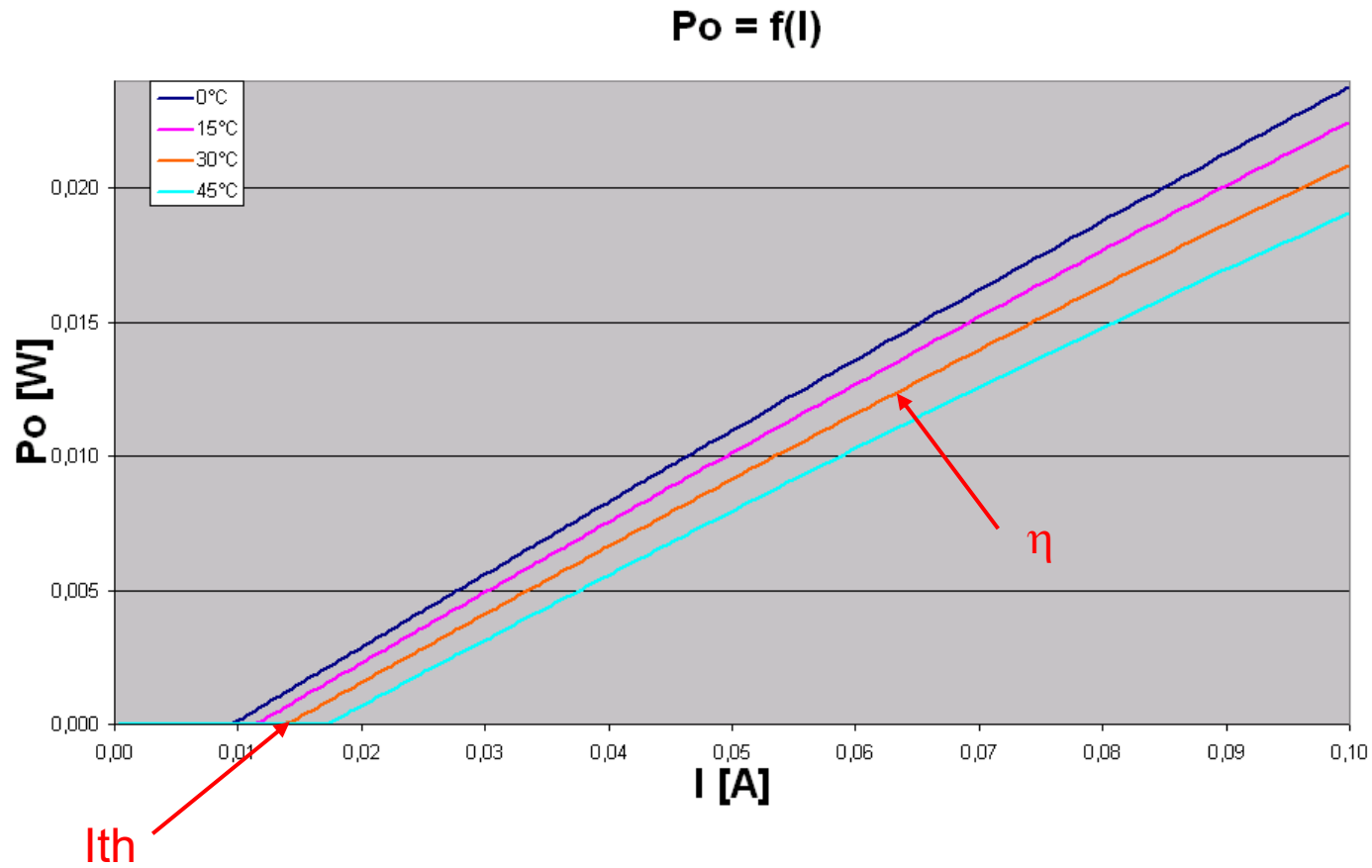
SERVICES	PRODUITS
<b>LABORATOIRES D'ESSAIS</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Programmes de Fiabilité</li><li>• Caractérisation Opto-électronique</li><li>• Essais environnementaux</li></ul>	<b>BANCS DE TESTS</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Instruments de mesure</li><li>• Systèmes de test</li><li>• Prototypage</li></ul>



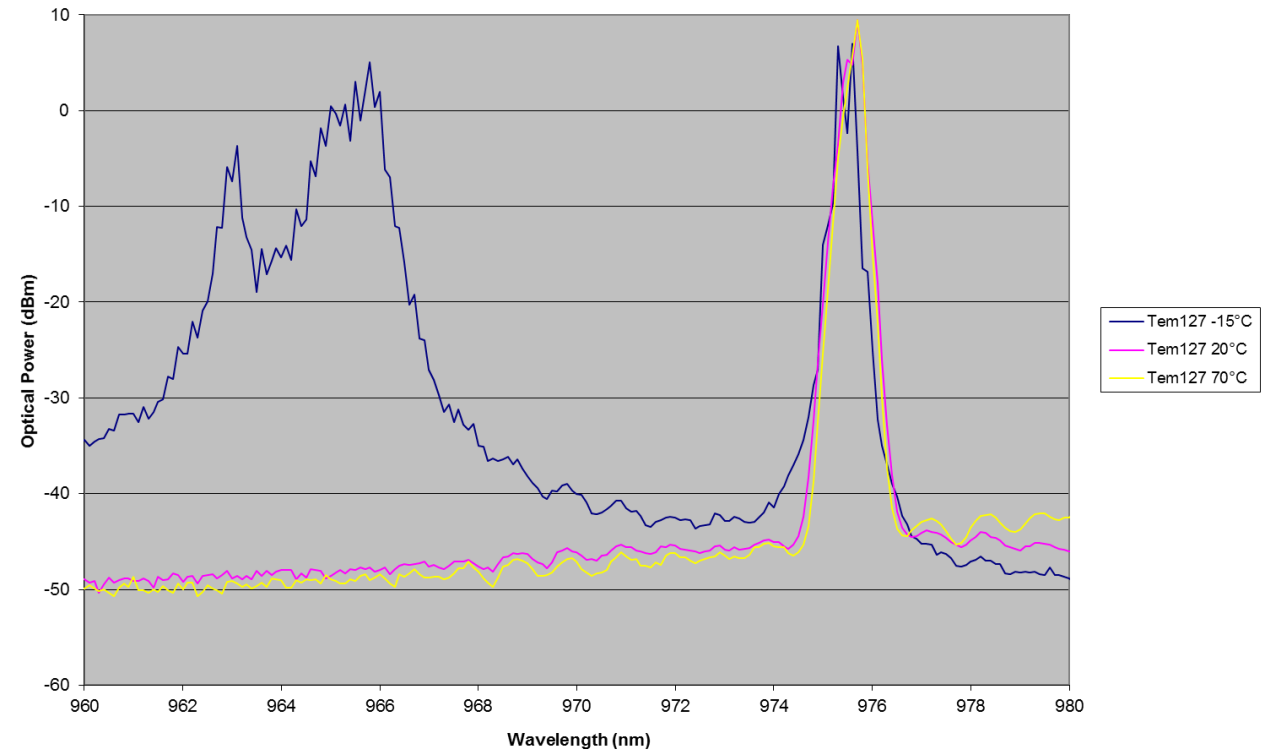
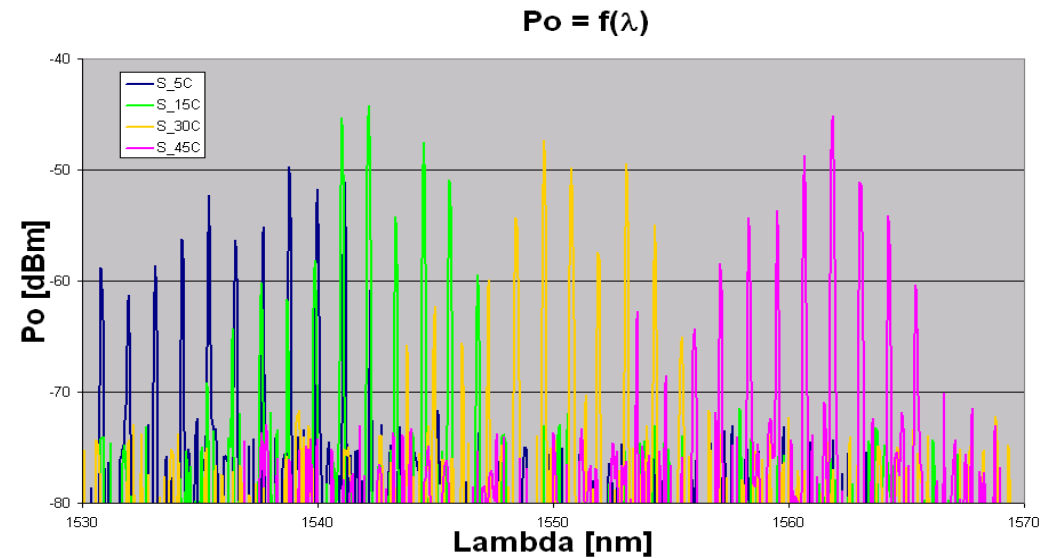


Une Diode Laser est une jonction PN réalisée à partir de semi-conducteurs à GAP direct.

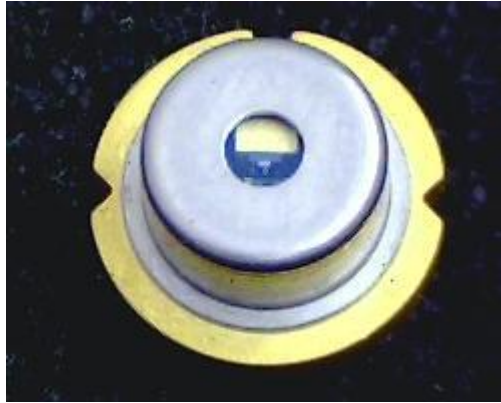
- Le milieu actif est le semi-conducteur
- La cavité optique est formée par les facettes avant et arrière
- Le pompage est assuré par le courant dans la jonction



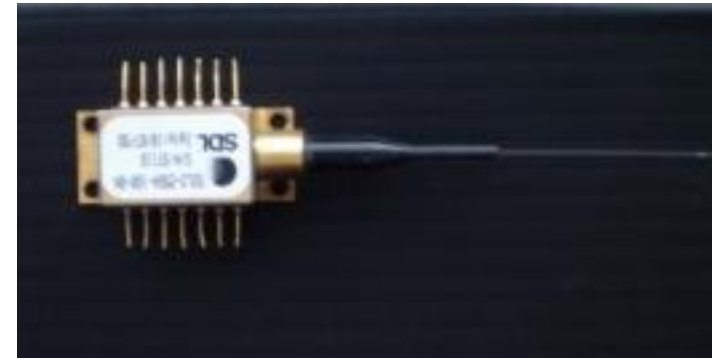
- $I_{th}$ , le courant de seuil à partir duquel il y a un effet laser
- $\eta$ , l'efficacité quantique du laser en W/A



- La longueur d'onde dépend du type de semi-conducteur
- La forme du spectre donne une idée de la structure de la cavité (FP, MQW, DFB, etc)



**Boitier TO**



**Boitier Butterfly**

- Différents types de boitiers impliquant des différences de résistances thermiques
- Différentes complexités d'assemblage : couplage fibre optique, régulation thermique par module peltier, photodiode de monitoring, modulateur optique



**COD accidentel**



**COD provoqué**

- COD : Catastrophic Optical Damage
- C'est une opacification / brûlure de la facette due à une trop forte densité de puissance optique



**Radiation :**  
Rayonnement  
cosmique  
(Protons, ions lourds,  
etc),  
Gamma, etc



**Température :**  
En fonction de  
l'exposition au soleil,  
De -170°C à 170°C

**Vide**  $\sim 10^{-12}$  mbar



## Normes pour évaluer la fiabilité des diodes lasers

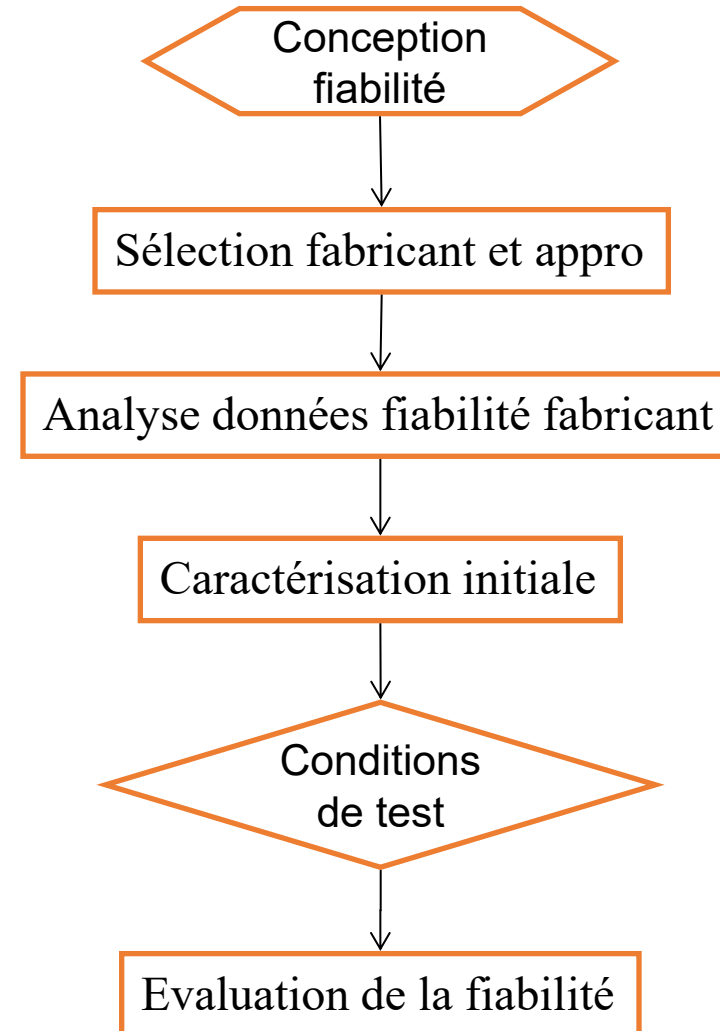
Domaine	Télécommunication	Spatial
Norme	Telcordia GR468	ESA ESCC Basic Specification N° 23201
Mise à Jour	2004	2018
Type d'Essais	mécanique, thermique, vieillissement accéléré, RGA	mécanique, thermique, vieillissement accéléré sous air et sous vide, RGA, radiation, COD, step stress, AC
Informations complémentaires	Energies d'activation types	-



## Objectif :

Evaluer composant sur étagère de module de diode laser DFB 1550 nm pour des applications communication inter/intra satellites

## Méthodologie :





## Description :

- 1.55  $\mu\text{m}$  DFB (InGaAsP MQW)
- Boîtier butterfly 14 pins
- 30 mW ex-fibre
- Élément Peltier pour le contrôle de température
- Isolateur intégré
- Photodiode de monitoring intégré
- Qualifié Telcordia GR468 Core

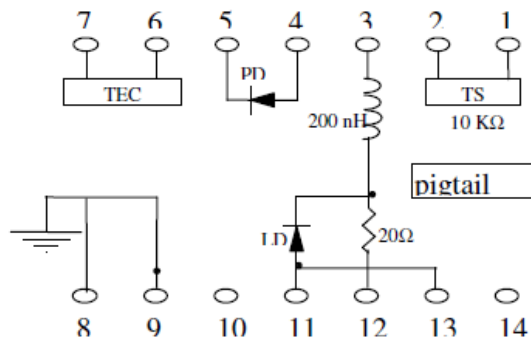
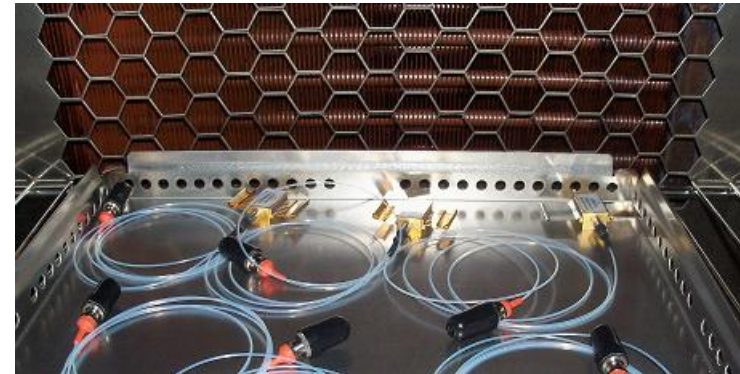
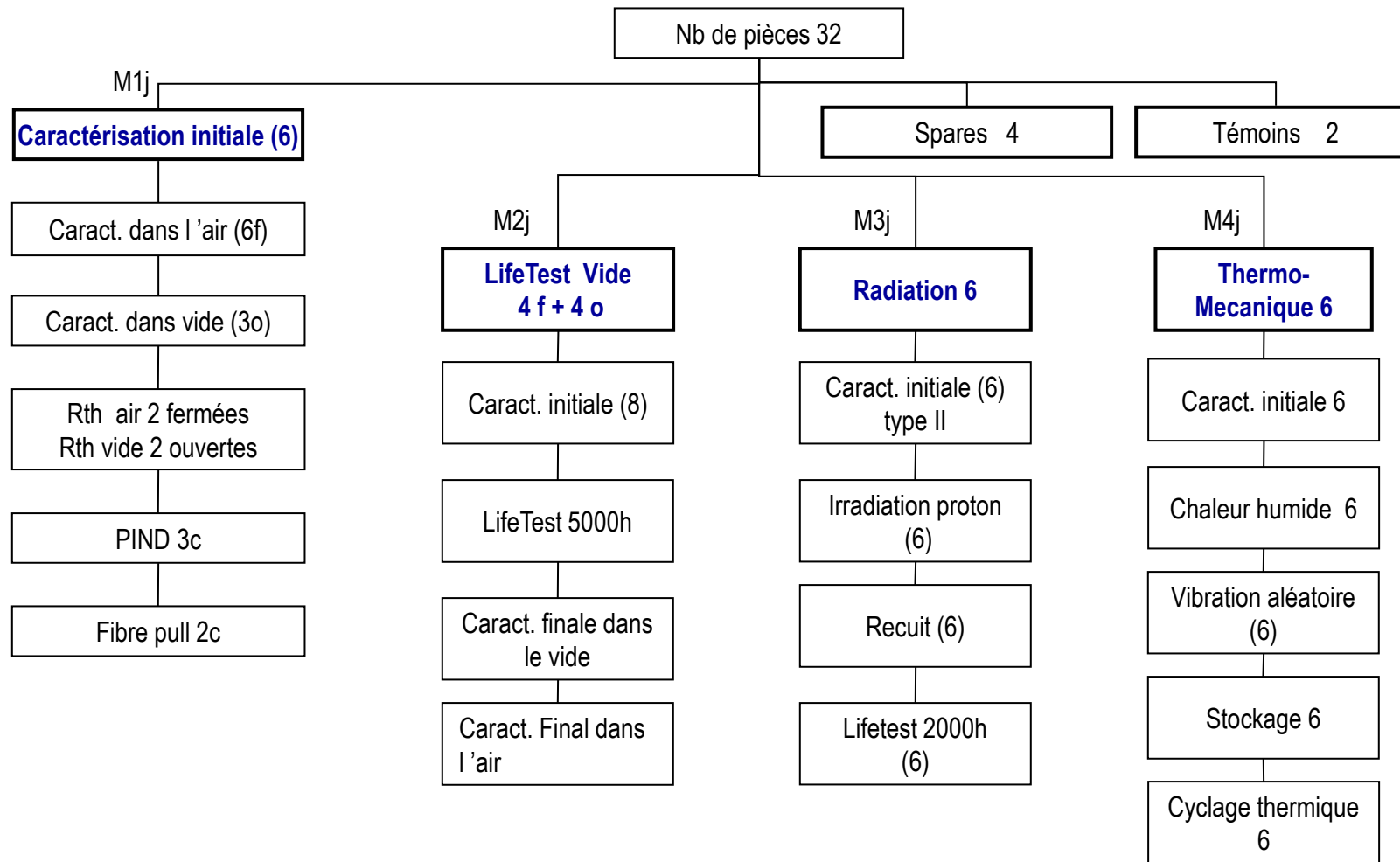


Schéma Interne Du Module Laser



Modules Lasers sélectionnés



L'évaluation doit tester tous les sous-éléments puce, embase, lentille de couplage, isolateur, pigtail, peltier, Fibre à Maintien de Polarisation (PM),

...

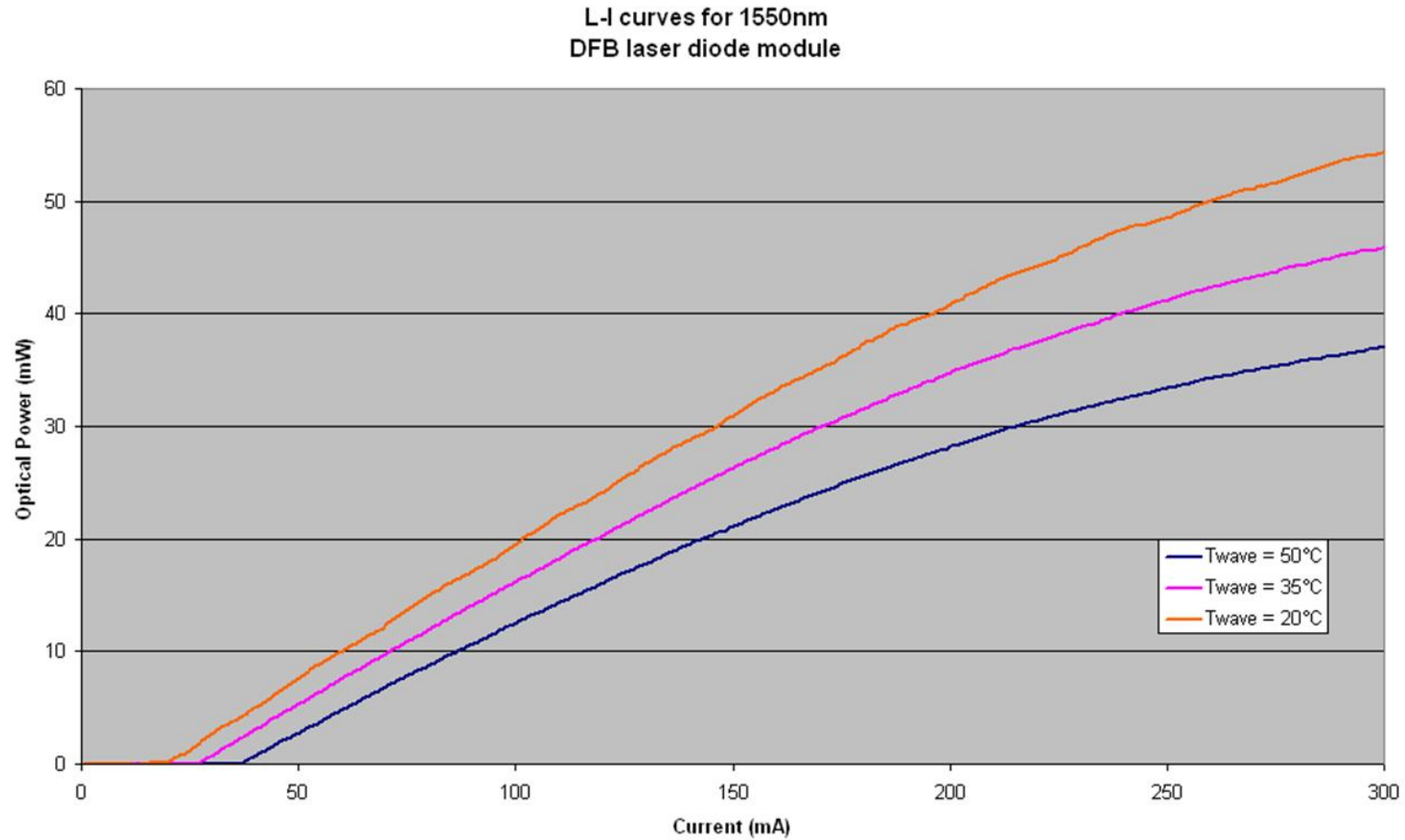


## Paramètres étudiés :

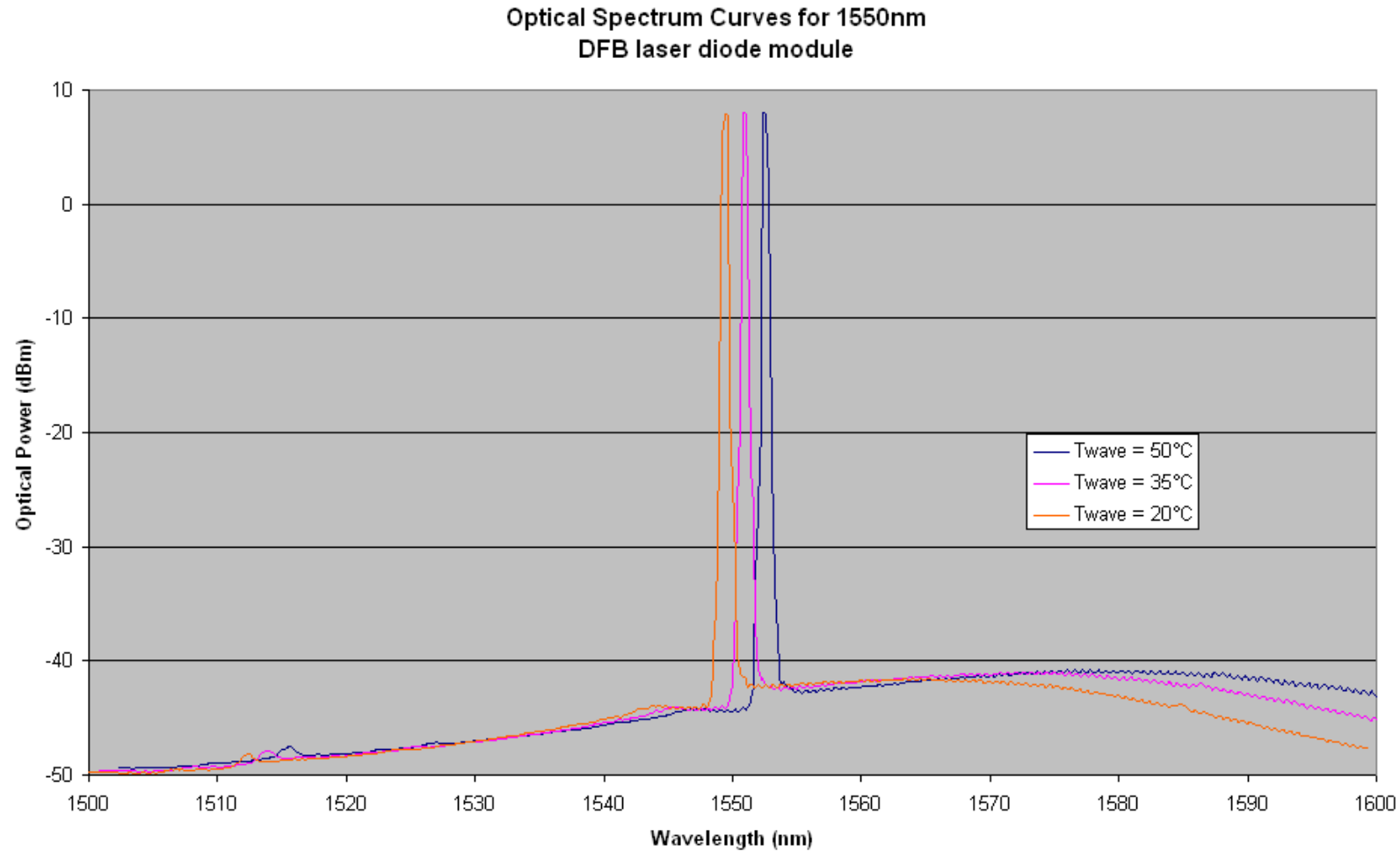
- $P(I) / V(I)$  : Puissance optique  $T_c/T_w$  variables
- Courant de seuil  $I_{th}$
- Efficacité laser  $\eta$
- $I(V)$  faible niveau
- Photodiode de monitoring
- Spectre optique
- Longueur d'onde précise
- Résistance thermique
- Bruit optique (RIN: Relative Intensity Noise) HF < 13 GHz
- Largeur de raie



# Caractéristique P(I) typique

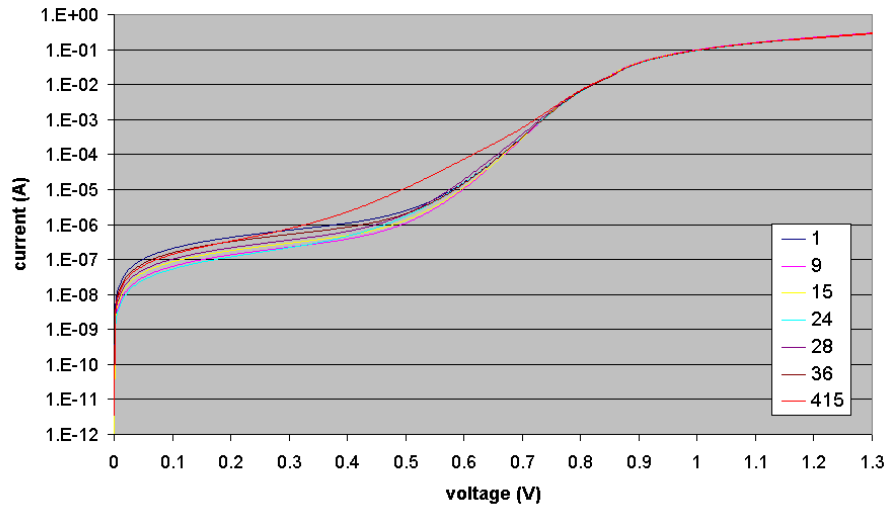


- Puissance optique dépendante de la température de la puce

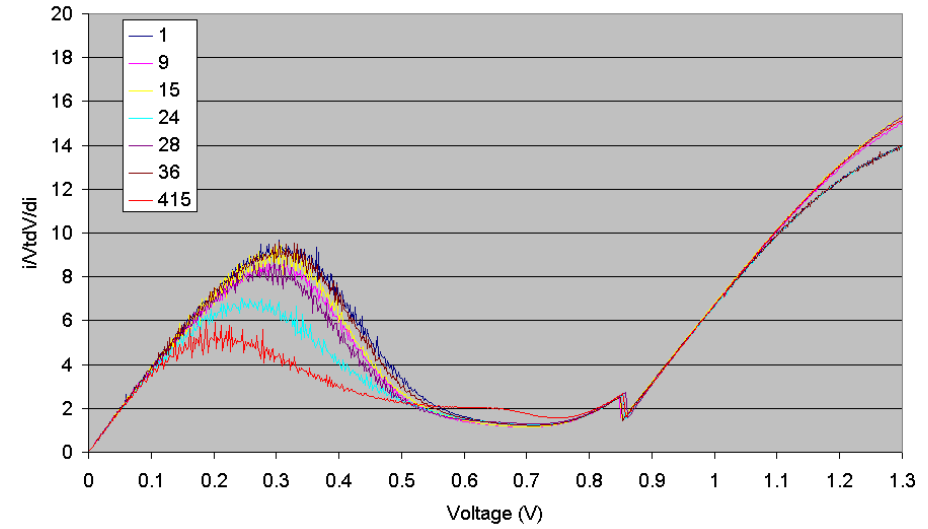


- Longueur d'onde dépendante de la température de la puce
- SMSR > 40 dB

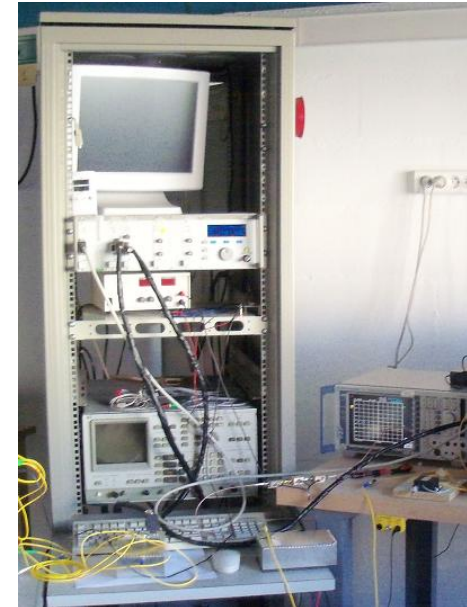
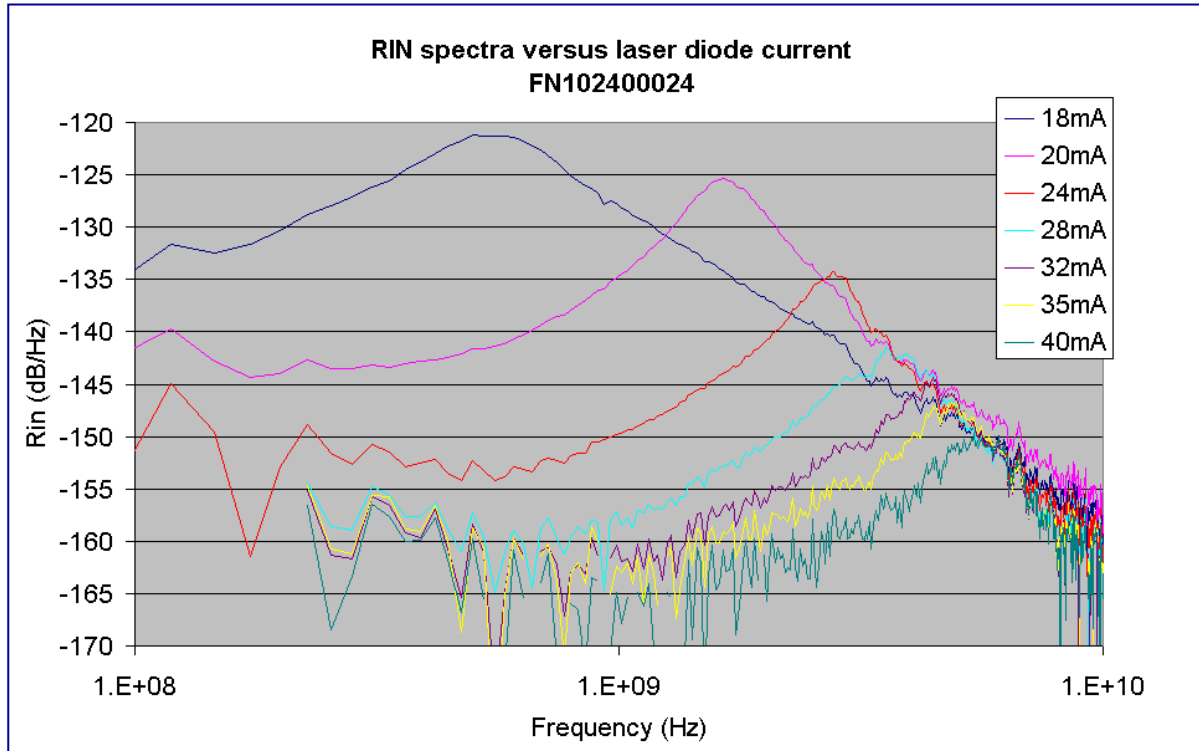
Low level characteristics at  $T_c/T_w = 20^\circ\text{C}/20^\circ\text{C}$



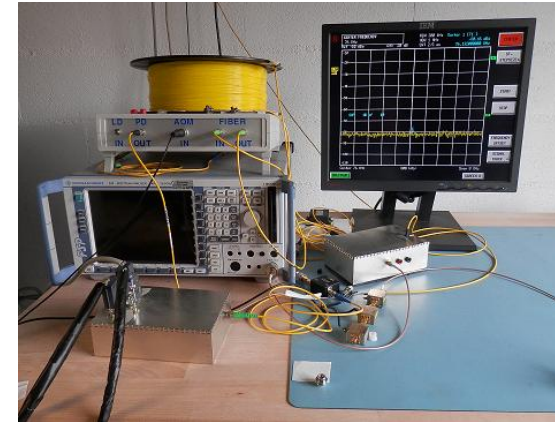
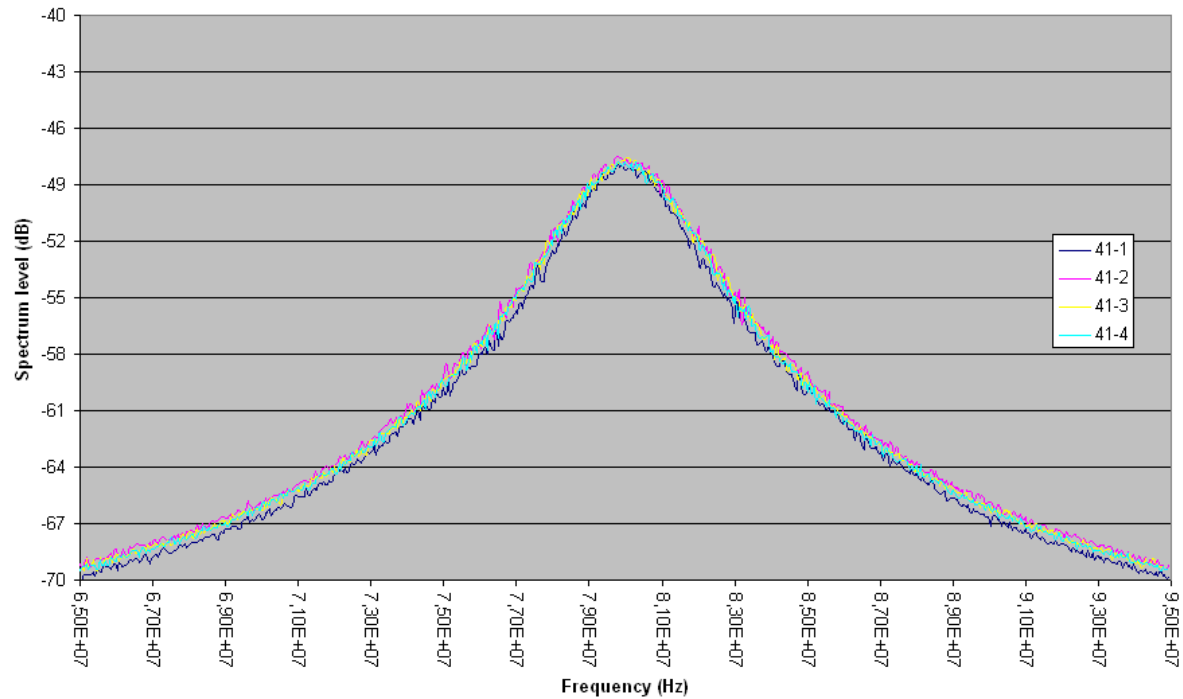
$i/V_t(dV/di)$  versus laser voltage at  $T_c/T_w=20/20$



- I(V) bas niveau permet d'identifier les pièces atypiques



- Bruit optique très faible, mesuré autour du courant de seuil
- Bruit non-mesurable à puissance optique nominale



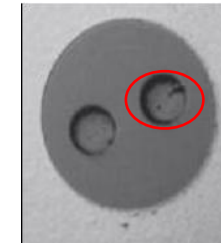
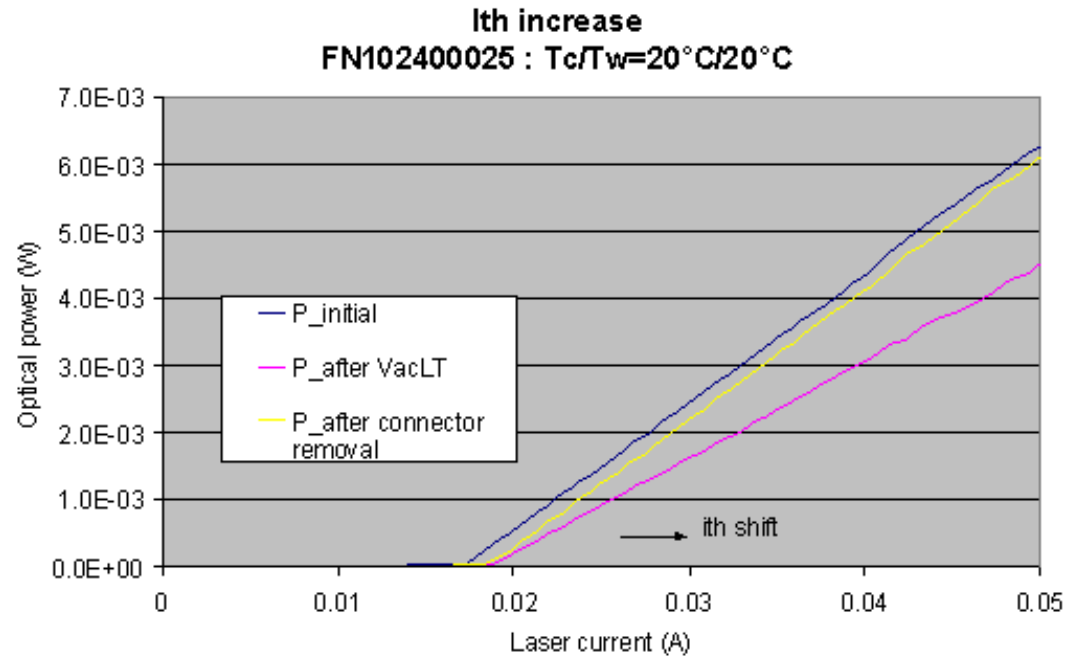
- Mesure par détection homodyne (une seule longueur d'onde)
- Largeur de raie autour de 2 MHz



- Lifetest à  $T_{wave} = 45^{\circ}\text{C}$ ,  $T_{case} = 70^{\circ}\text{C}$  sur 5000h
  - Vide :  $10^{-7}$  mbar
  - 4 DUT percés and 4 hermétiques
  - Monitoring in-situ
  - Puissance optique
  - Courant et tension laser
  - Photodiode de monitoring
  - Pression
  - Courant et tension peltier
  - Temperature
- 
- Equivalent de 600 000 heures de test

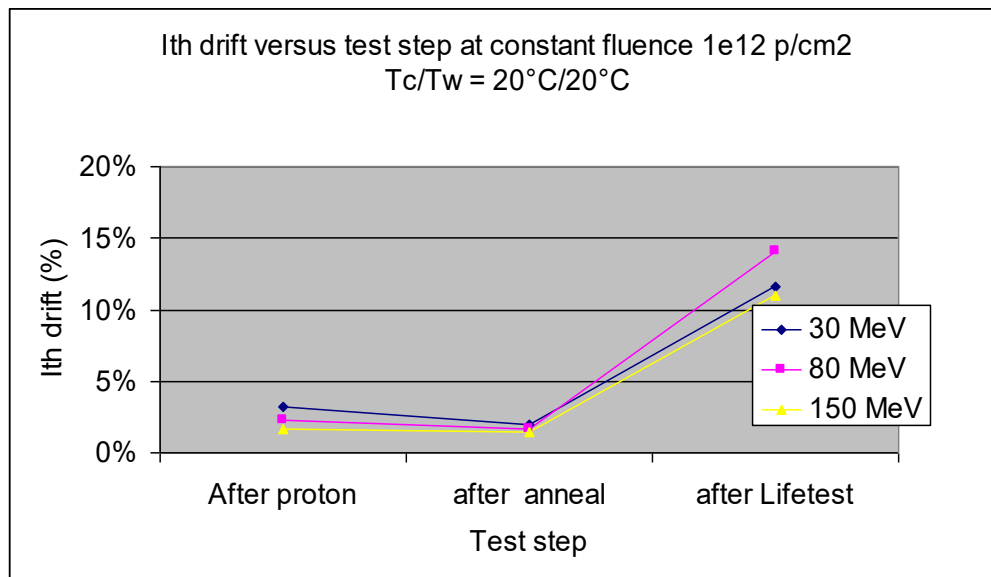


**Banc de Vieillissement Sous-Vide**

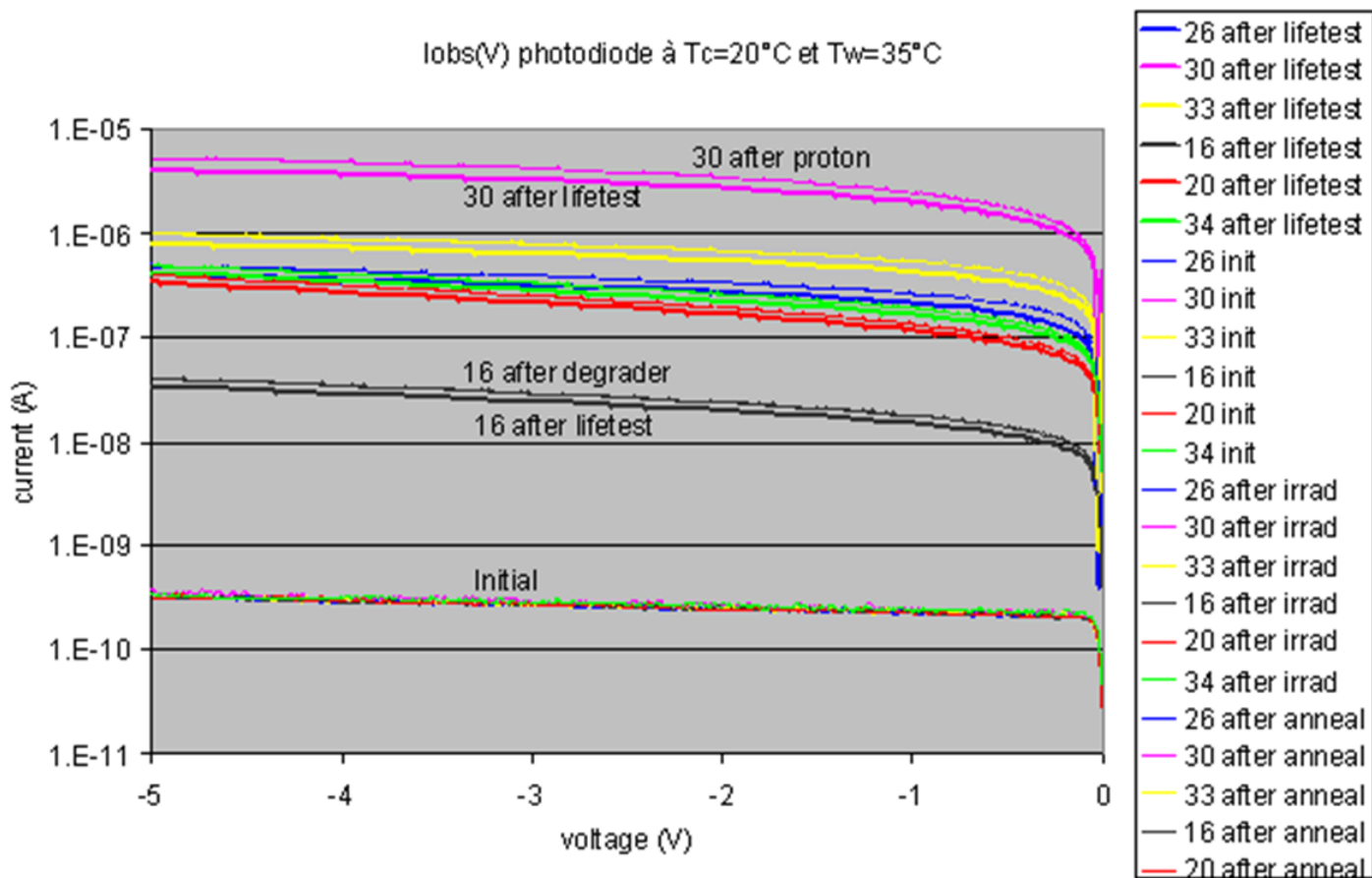


Connecteur PM dégradé

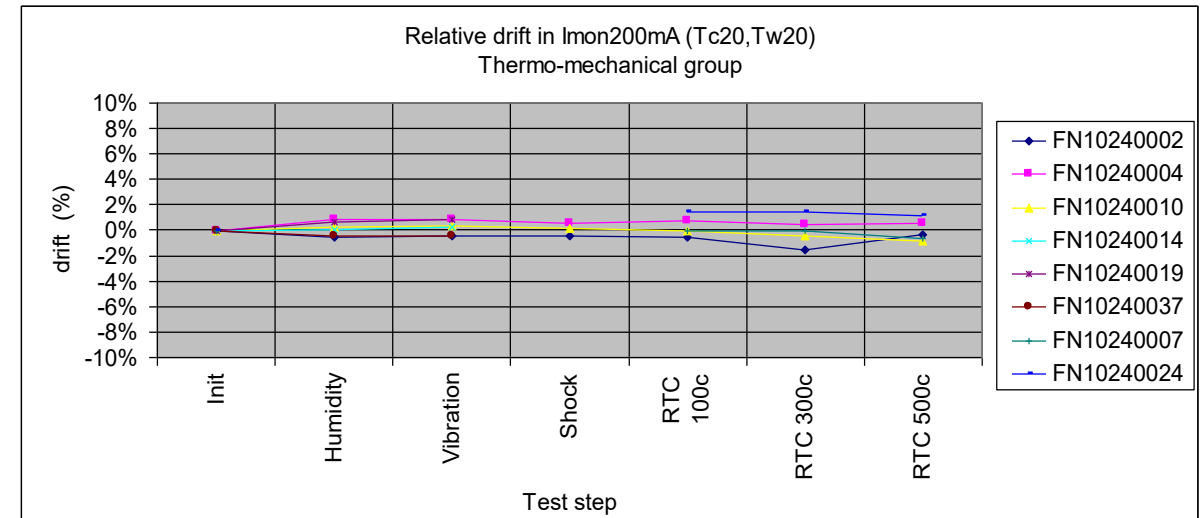
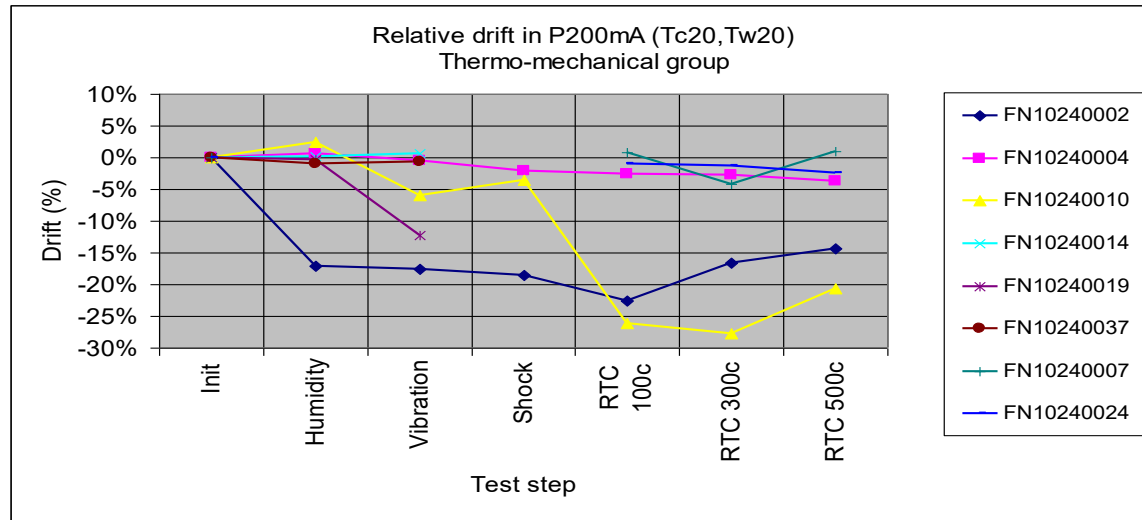
- Pas de dégradation de l'ensemble des composants
- Phénomène de vieillissement
  - augmentation légère du lth (8%), efficacité laser eta reste stable
  - augmentation légère du RIN (dérive de 5dB)
- Vieillessement des photodiodes face arrière
- Dégradation du connecteur optique



- Pas de dérives significatives en puissance optique
- Augmentation du courant de seuil après proton et vieillissement
- Augmentation du bruit optique RIN



- Dégradation de la photodiode de monitoring



- Pas de dérives significatives
- Problème de férules des connecteurs optiques
- Choc 1500g trop élevé pour le Peltier



## Le module DFB 1550 nm

- Une caractérisation et un déverminage permettent de trier les composants
- Le I(V) bas niveau permet d'identifier des diodes lasers atypiques
- Fragilité du Peltier pour des niveaux de choc élevés
- Défaut du connecteur optique
- Pas de défaillance aléatoire, phénomène de vieillissement ou d'usure
- Mode de vieillissement par augmentation de  $I_{th}$  sans dérive de  $\eta$
- Pas d'influence du vide
- La photodiode est fragile, des précautions ESD sont à prévoir

**Le module de diode laser DFB 1550 nm peut répondre aux exigences du Spatial**



- Les diodes lasers sont intégrées en modules plus ou moins complexes avec d'autres éléments (photodiodes, peltier, etc) qui impactent directement la fiabilité de ceux-ci. La diode laser n'est pas forcément l'élément critique.
- L'évaluation de la fiabilité des diodes lasers est très bien documentée à travers la norme Telcordia depuis plus de 20 ans.
- Pour les secteurs industriels autres que les télécommunications, une adaptation des files de tests est nécessaire.

# NRTW 2026

## National Reliability Technology Workshop

Mercredi 1<sup>er</sup> & jeudi 2 avril 2026 | Grenoble

# merci pour votre écoute !

Organisé par :



Financé par :

