

# NRTW 2026

## National Reliability Technology Workshop

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

### Etude de la fiabilité des lasers DFB semi-conducteurs émettant à 852 nm et 1550 nm pour applications optroniques

Jean-Pierre Le Goëc, III-V Lab

Organisé par :



Financé par :



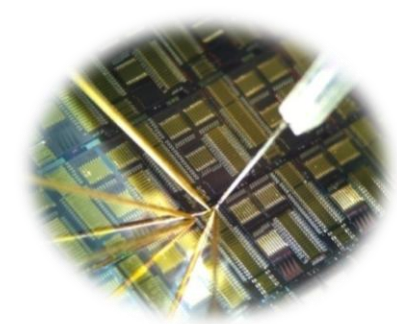
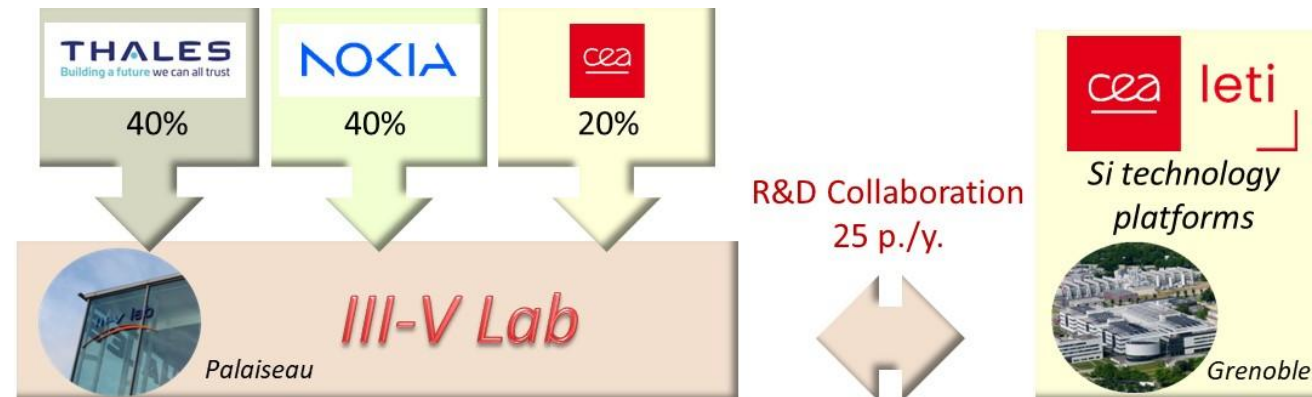
- **Introduction, Contexte:**
  - Présentation du III-V Lab
  - Motivation des études de fiabilité
- **Composants étudiés et moyens de caractérisation**
  - Lasers DFB 852 nm sur GaAs et 1550 nm sur InP
  - Processus d'évaluation des composants
  - Moyens de vieillissement
- **Etude de lasers DFB 1550 nm**
- **Etude de lasers DFB 852 nm**
- **Conclusions et perspectives**

- **Introduction, Contexte:**
  - Présentation du III-VLab
  - Motivation des études de fiabilité
- **Composants étudiés et moyens de caractérisation**
  - Lasers DFB 852 nm sur GaAs et 1550 nm sur InP
  - Processus d'évaluation des composants
  - Moyens de vieillissement
- **Etude de lasers DFB 1550 nm**
- **Etude de lasers DFB 852 nm**
- **Conclusions et perspectives**

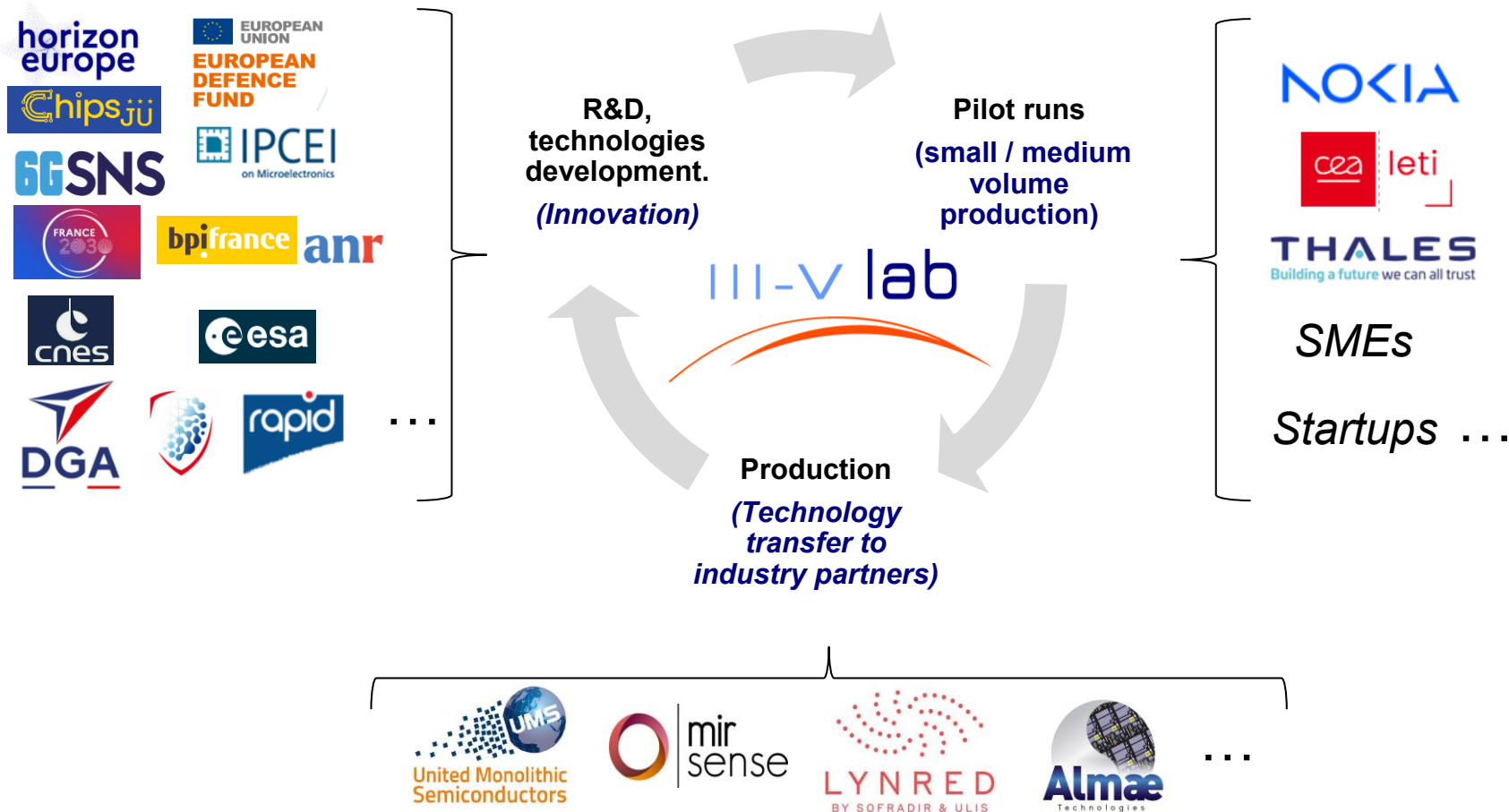
## Qui sommes nous...

- Un laboratoire commun entre Thales, Nokia et CEA/Leti.
  - 120 chercheurs et 20 doctorants
  - 2000 m<sup>2</sup> de salle blanche, à Paris (2" to 100mm wafers) et à Grenoble (CEA-Leti, 200-300mm)
- Concentré sur le développement de composants III-V et de leur intégration avec des circuits Silicium pour la photonique et la micro-électronique

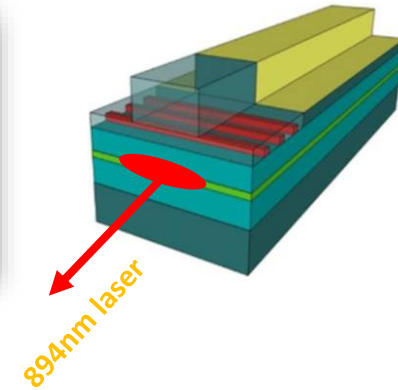
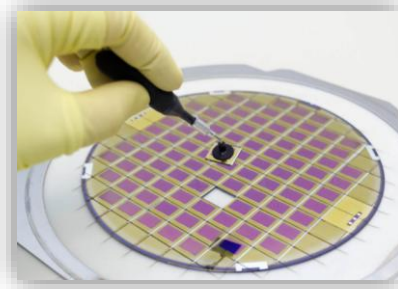
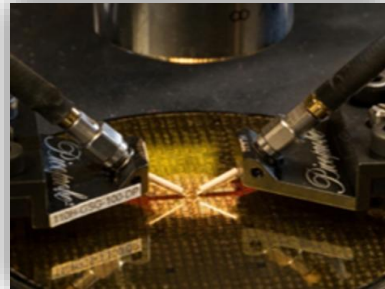
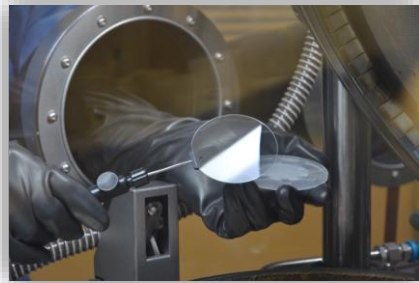
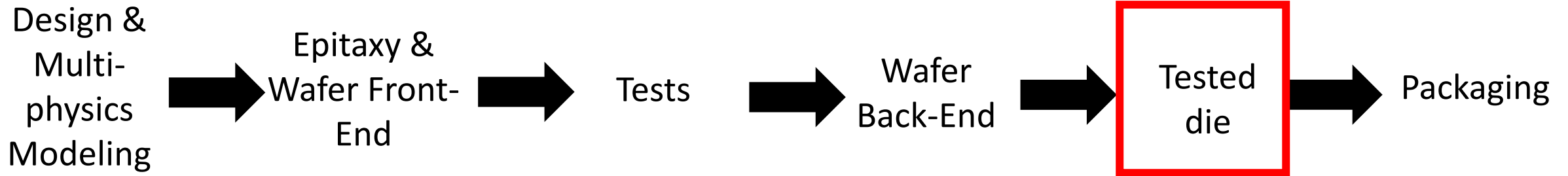
III	IV	V
B	C	N
Al	Si	P
Ga	Ge	As
In	Sn	Sb
Tl	Pb	Bi



## Le III-V Lab au coeur du cycle de l'innovation technologique



## Processus de développement



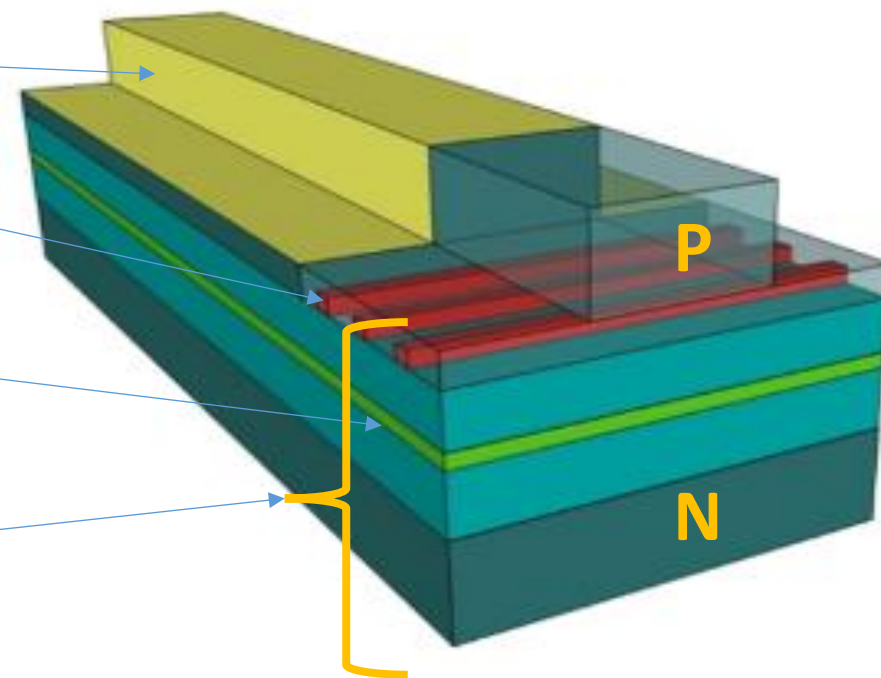
## Etude de fiabilité des diodes lasers au III-VLab

1. Evaluer la robustesse de composants développés, connaître leur durée de vie
2. Identifier les faiblesses, analyse des phénomènes de défaillances,
3. Adapter, faire évoluer les briques technologiques

- Introduction, Contexte:
  - Présentation du III-VLab
  - Motivation des études de fiabilité
- **Composants étudiés et moyens de caractérisation**
  - Lasers DFB 852 nm sur GaAs et 1550 nm sur InP
  - Processus d'évaluation des composants
  - Moyens de vieillissement
- Etude de lasers DFB 1550 nm
- Etude de lasers DFB 852 nm
- Conclusions et perspectives

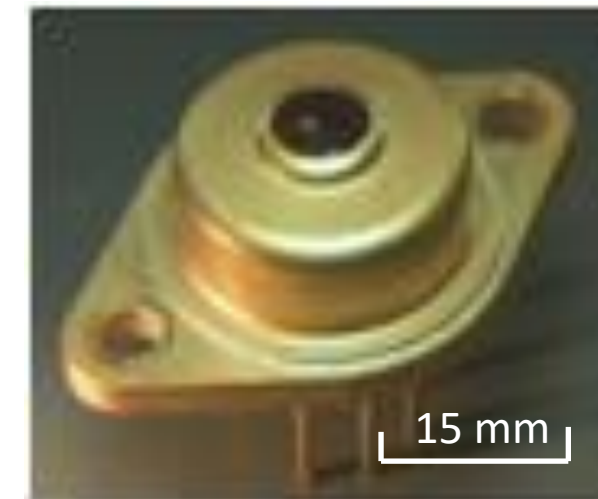
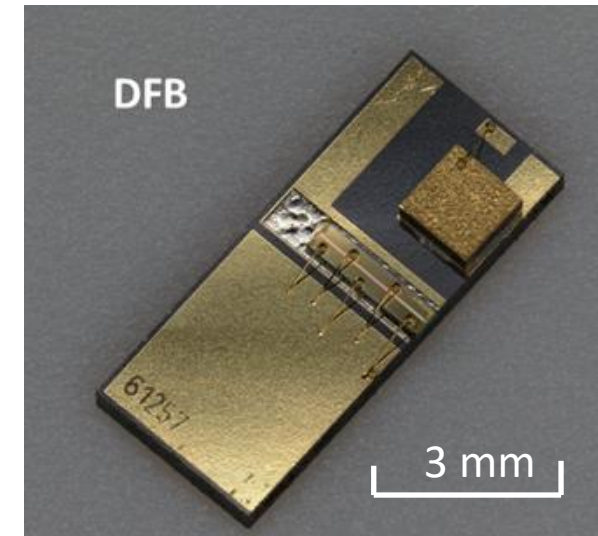
# Lasers DFB III-V

- Guide d'onde optique
- Réseau de Bragg pour filtrer une longueur d'onde
- Puits quantiques pour obtenir du gain électro-optique
- Jonction P-N pour pomper les puits quantiques



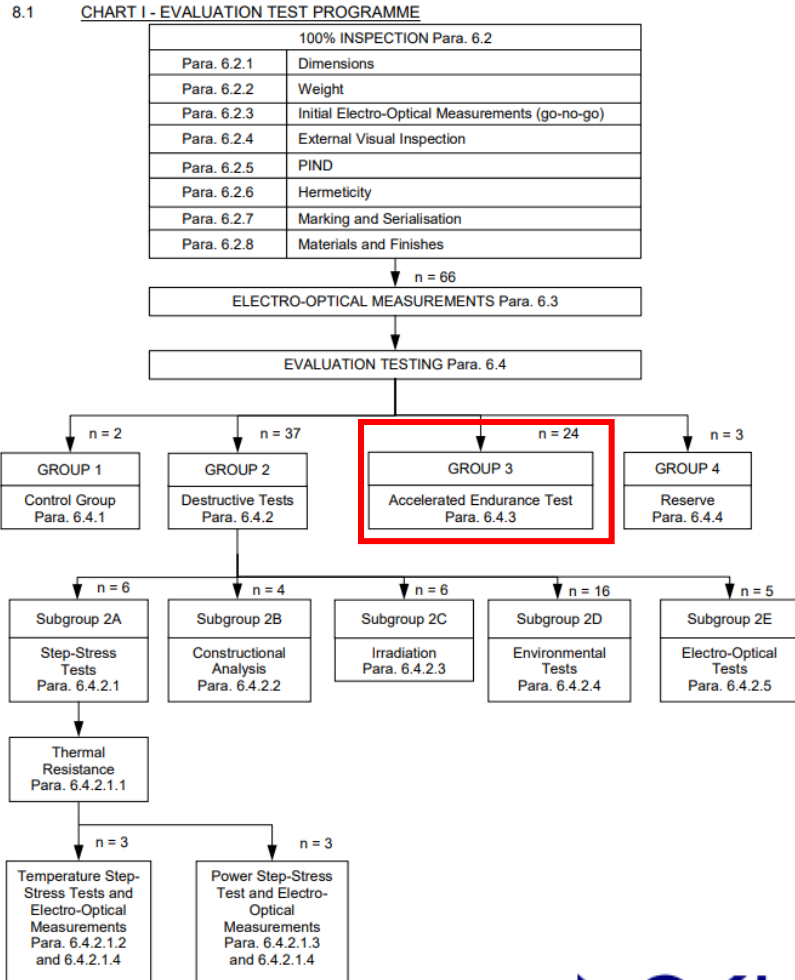
# Composants étudiés

- Lasers DFB de puissance à 1550 nm:
  - Communications optiques espace-libre entre satellites
  - Déport de signaux analogiques (RADAR)
  
- Lasers DFB 852 nm:
  - Pompage de la raie D2 du Césium
  - Horloge atomiques (référence de fréquence pour GPS, entre-autre)



## Référentiels Normatif

### • Norme Spatiale ESA ESCC 23201



### • Telcordia GR-468-CORE

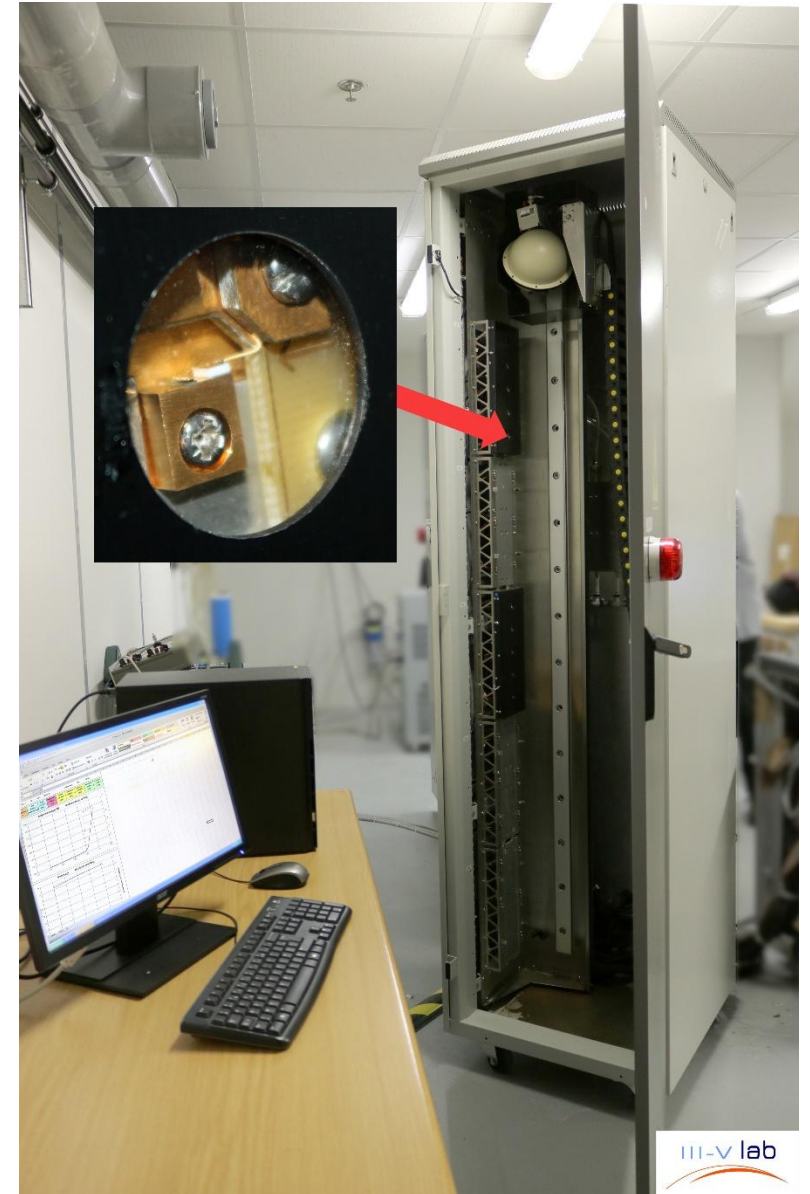
HEADING	TEST	REFERENCE	CONDITIONS	SAMPLING <sup>a</sup>			ENV'T	
				LTPD	SS	C	CO	RT/UNC
Mechanical & Physical	Mechanical Shock <sup>b</sup>	MIL-STD-883 Method 2002	Cond. B 5 times/axis, 1,500 G, 0.5 ms	20	11	0	R	R
	Vibration <sup>b</sup>	MIL-STD-883 Method 2007	Cond. A 20G, 20-2,000 Hz, 4 min/cy, 4 cy/axis	20	11	0	R	R
	Die Shear <sup>c</sup>	MIL-STD-883 Method 2019	LD/heat sink and heat sink/submount	20	11	0	R	R
	Wire Bond Strength	MIL-STD-883 Method 2011	based on bond type	20	11	0	R	R
Endurance	Accelerated Aging <sup>d</sup>	Section 5.18	85°C; rated power 5,000 hrs 10,000 hrs <sup>e</sup>		25			R
			70°C; rated power 5,000 hrs		10		R	O
	Temp. Cycling	Section 5.20	-40°C/+70°C 50 cycles	20	11	0	O	—
			-40°C/+85°C 50 cycles	20	11	0	—	O

## Procédure de test simplifiée

1. Mesure préliminaire des performances des lasers:
  - Puissance et tension en fonction du courant à plusieurs températures
2. Vieillessement des lasers en fonctionnement à haute température:
  - Polarisation à courant constant
  - Mesure de la puissance optique au cours du temps
  - Mesure régulière des variations de la tension et de la puissance optique en fonction du courant
3. Mesures de reprise en fin de séquence de vieillissement:
  - Puissance et tension en fonction du courant à plusieurs températures

## Matériel

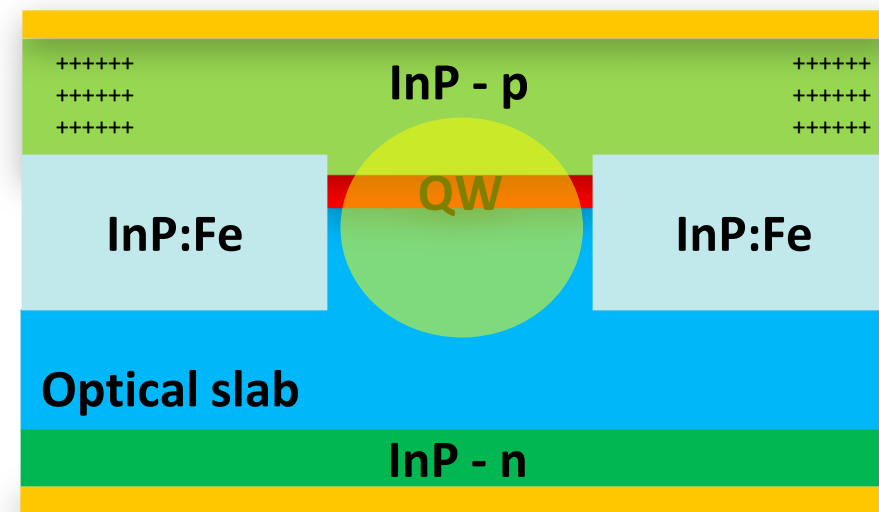
- **2 Baies de vieillissement Itest (2002)**
  - Baie A : 15 emplacements avec alimentation jusqu'à 5A
  - Baie B : 20 emplacements avec alimentation jusqu'à 15A
- **Caractéristiques principales**
  - Alimentations hautes stabilités et faibles dérives
  - Contrôle de la température jusqu'à 90°C
  - Mesures de la puissance optique à l'aide d'une sphère sur ascenseur
  - Mesure in-situ des caractéristiques électriques (courant, tension) en temps réel



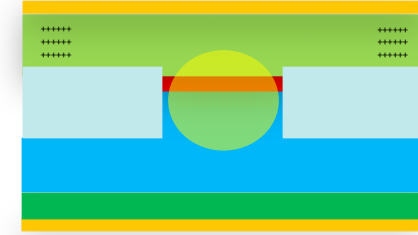
- **Introduction, Contexte:**
  - Présentation du III-VLab
  - Motivation des études de fiabilité
- **Composants étudiés et moyens de caractérisation**
  - Lasers DFB 852 nm sur GaAs et 1550 nm sur InP
  - Processus d'évaluation des composants
  - Moyens de vieillissement
- **Etude de lasers DFB 1550 nm**
- **Etude de lasers DFB 852 nm**
- **Conclusions et perspectives**

# Lasers DFB 1550 nm sur InP

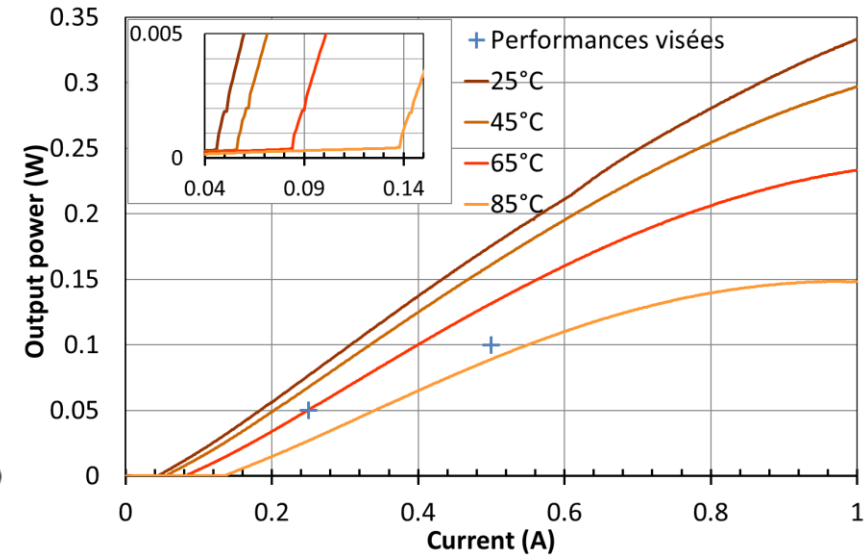
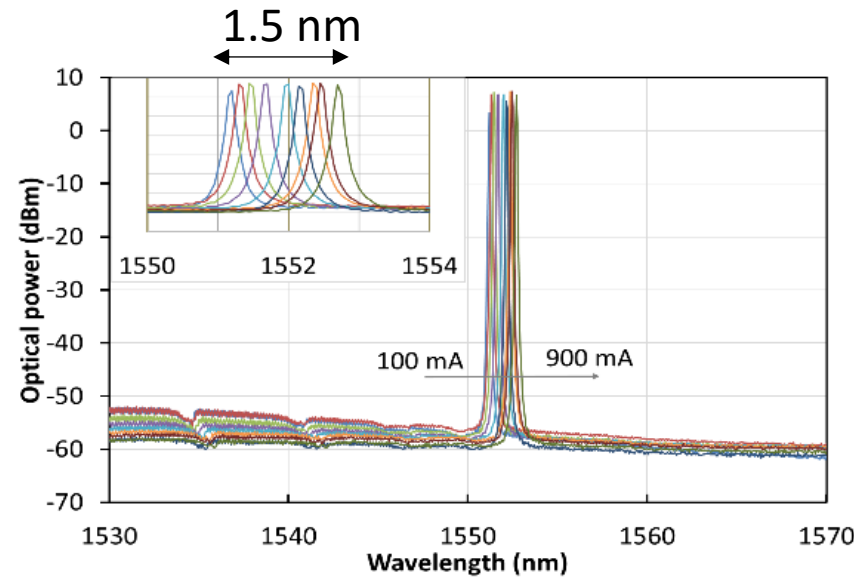
- Guide d'onde optique: guide enterré dans InP dopé Fer
- Réseau de Bragg pour filtrer une longueur d'onde: réseau du 1<sup>er</sup> ordre
- Puits quantiques pour obtenir du gain électro-optique: puits quantiques GaInAsP/AlGaInAsP
- Jonction P-N pour pomper les puits quantiques



## Lasers DFB forte puissance 2mm de long @ 1550nm

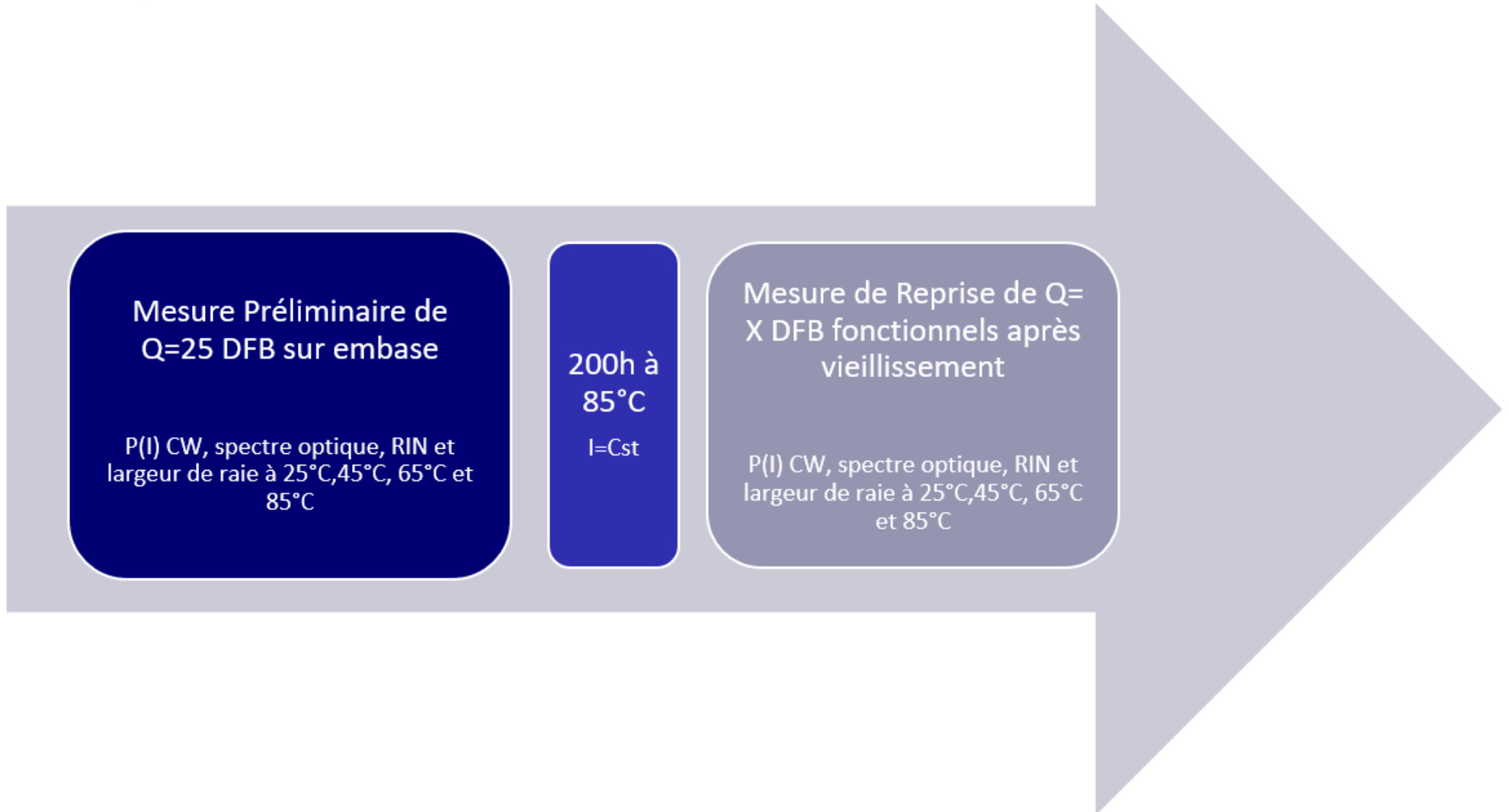


- Spectra: (100 to 900 mA @ 25°C)
  - $\lambda_{PIC}$  : 1551.2 to 1552.7 nm
  - SMSR : 55.2 to 64.2 dB
- LIV curves versus temperature:
  - > 330 mW @ 1A & 25°C
  - ~150 mW @ 1A & 85°C
  - 6.6 K/W thermal impedance



François DUPORT, III-Vlab, ECOC 2024, High Power 1.55  $\mu$ m Buried Ridge DFB and MOPA Sources

## Vieillessement de 25 lasers DFB @ 1550 nm



## Mesures Préliminaires

	spécification	unités	B2-P08	B2-P09	B2-P10	B2-P11	B2-P12	B2-P13	B2-P14	B2-P15	B2-P16	B2-P17	B2-P18	B2-P19
Référence puce														
numéro pas			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<b>Mesures puces montées:</b>														
Courant de seuil	70 typ/100 max	mA	43	47	45	42	47	44	45	42	47	44	45	42
Puissance à 400 mA		W	0.07461	0.148025	0.144925	0.13464	0.152808	0.14833	0.147141	0.145626	0.151821	0.153027	0.154172	0.111854
Puissance à 700 mA	150 typ	W	0.11557	0.261512	0.239293	0.226535	0.259577	0.261159	0.251871	0.241353	0.252502	0.265887	0.254722	0.142785
Longueur d'onde à 400 mA	1536/1539:1542 +/- 3	nm	N/A	1536.4	1536.5	1536.7	1536.4	1536.5	1535.8	1536.07	1536.87	1536.27	1536.6	N/A
Longueur d'onde à 700 mA	1536/1539:1542 +/- 3	nm	N/A	1537.4	1537.3	1537.4	1537	1537.5	1537.3	1536.77	1537.68	1537.27	1537.2	N/A
SMSR à 400 mA	40 min	dB	N/A	52.88	59.52	60.28	59.11	59.46	53.5	58.52	58.54	1.05	59.7	N/A
SMSR à 700 mA	40 min	dB	N/A	0.25	61.86	61.18	62.15	59.59	58.75	59.58	62.01	61.7	60.58	N/A
RIN max @ 400 mA	-145 max / -155 typ	dB/Hz	N/A	-155.65	-158.23	-161.34	-154.09	-156.67	-157.48	-156.12	-154.98	-153.51	-155.06	N/A
RIN max @ 700 mA	-145 max / -155 typ	dB/Hz	N/A	-157.47	-161.57	-163.92	-161.82	-159.85	-161.61	-163.13	-161.44	-157.82	-164.08	N/A
Largeur de raie à 100 mA	300000	Hz	N/A	132243	56273	N/A	87147	60398	95109	68476	N/A	142164	75128	N/A
Largeur de raie à 400 mA	300000	Hz	N/A	159584	39835	26305	61971	41361	115400	37842	48197	62835	34504	N/A
Largeur de raie à 700 mA	300000	Hz	N/A	1570696	94745	35525	139440	329708	138880	46959	53970	51654	52614	N/A

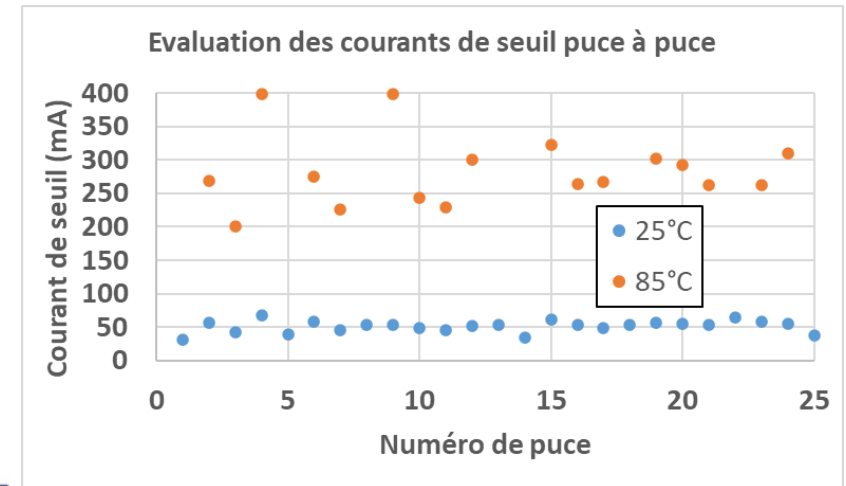


**Avant**

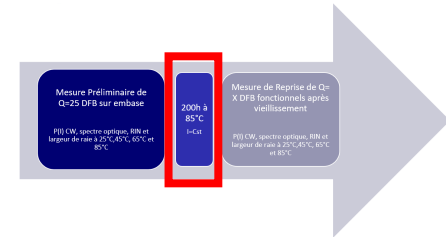
**Exemple sur 12 puces**

### Principales caractéristiques mesurées

**Point d'attention :**  
Plus grande dispersion des courants de seuil à 85°C lié aux phénomènes thermiques

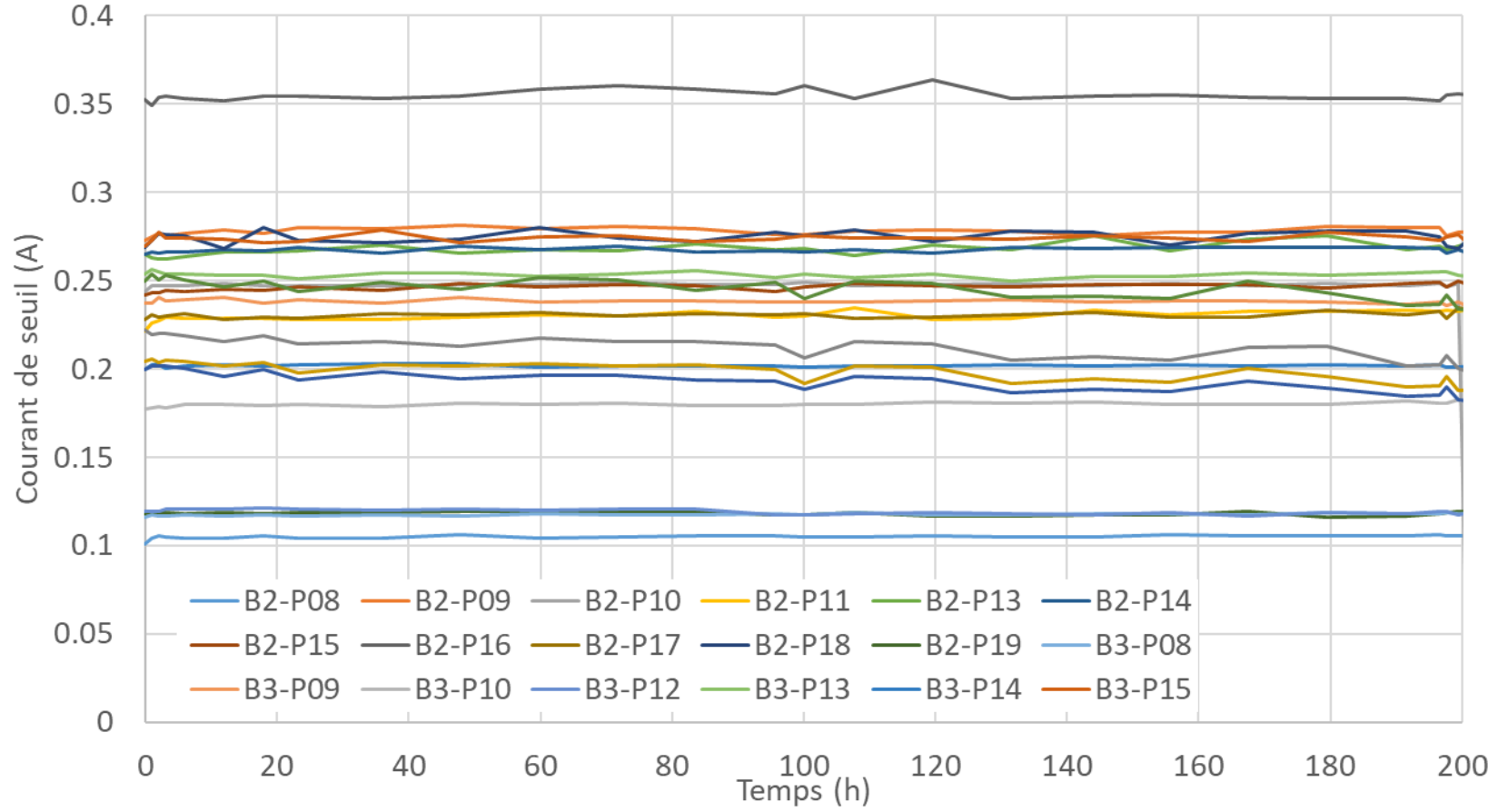


## Etape de vieillissement



Paramètre important dans le suivi de dégradation du fonctionnement du laser

Evolution des courants de seuil à 85°C



## Mesures de reprises



	spécification	unités	B2-P08	B2-P09	B2-P10	B2-P11	B2-P12	B2-P13	B2-P14	B2-P15	B2-P16	B2-P17	B2-P18	B2-P19
Référence puce														
numéro pas			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<b>Mesures puces montées:</b>														
Courant de seuil	70 typ/100 max	mA	43	47	45	42	47	44	45	42	47	44	45	42
Puissance à 400 mA		W	0.07461	0.148025	0.144925	0.13464	0.152808	0.14833	0.147141	0.145626	0.151821	0.153027	0.154172	0.111854
Puissance à 700 mA	150 typ	W	0.11557	0.261512	0.239293	0.226535	0.259577	0.261159	0.251871	0.241353	0.252502	0.265887	0.254772	0.142785
Longueur d'onde à 400 mA	1536/1539:1542 +/- 3	nm	N/A	1536.4	1536.5	1536.7	1536.4	1536.5	1535.8	1536.07	1536.87	1536.27	1536.6	N/A
Longueur d'onde à 700 mA	1536/1539:1542 +/- 3	nm	N/A	1537.4	1537.3	1537.4	1537	1537.5	1537.3	1536.77	1537.68	1537.27	1537.2	N/A
SMSR à 400 mA	40 min	dB	N/A	52.88	59.52	60.28	59.11	59.46	53.5	58.52	58.54	1.05	59.7	N/A
SMSR à 700 mA	40 min	dB	N/A	0.25	61.86	61.18	62.15	59.59	58.75	59.58	62.01	61.7	60.58	N/A
RIN max @ 400 mA	-145 max / -155 typ	dB/Hz	N/A	-155.65	-158.23	-161.34	-154.09	-156.67	-157.48	-156.12	-154.98	-153.51	-155.06	N/A
RIN max @ 700 mA	-145 max / -155 typ	dB/Hz	N/A	-157.47	-161.57	-163.92	-161.82	-159.85	-161.61	-163.13	-161.44	-157.82	-164.08	N/A
Largeur de raie à 100 mA	300000	Hz	N/A	132243	56273	N/A	87147	60398	95109	68476	N/A	142164	75128	N/A
Largeur de raie à 400 mA	300000	Hz	N/A	159584	39835	26305	61971	41361	115400	37842	48197	62835	34504	N/A
Largeur de raie à 700 mA	300000	Hz	N/A	1570696	94745	35525	139440	329708	138880	46959	53970	51654	52614	N/A

Table 1 : Synthèse des performances initiales des composants à une température de 25°C pour les puces de la barrette B2

	spécification	unités	B2-P08	B2-P09	B2-P10	B2-P11	B2-P12	B2-P13	B2-P14	B2-P15	B2-P16	B2-P17	B2-P18	B2-P19
Référence puce														
numéro pas			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<b>Mesures puces montées:</b>														
Courant de seuil	70 typ/100 max	mA	38	64	54	48	56	56	55	54	64	60	58	40
Puissance à 400 mA		W	0.06238	0.147685	0.143859	0.1348	0.154478	0.128295	0.143768	0.144303	0.149119	0.151753	0.15277	0.113015
Puissance à 700 mA	150 typ	W	0.09421	0.260223	0.23794	0.227467	0.261884	0.222729	0.247005	0.246849	0.24928	0.262616	0.252777	0.201528
Longueur d'onde à 400 mA	1536/1539:1542 +/- 3	nm	N/A	1536.3	1536.4	1536.5	1536.3	1536.3	1535.7	1535.8	1536.7	1536.5	1536.6	N/A
Longueur d'onde à 700 mA	1536/1539:1542 +/- 3	nm	N/A	1536.2	1537.1	1537.2	1536.9	1537.1	1537.2	1536.6	1537.3	1537.1	1537.2	N/A
SMSR à 400 mA	40 min	dB	N/A	53.47	58.4	59.84	58.29	55.3	52.42	59.25	60.7	2.17	55.54	N/A
SMSR à 700 mA	40 min	dB	N/A	1.7	59.96	61.76	61.1	59.39	50.99	58.91	61.99	60.65	60.78	N/A
RIN max @ 400 mA	-145 max / -155 typ	dB/Hz	N/A	-156.49	-157.89	-160.97	-150.35	-156.04	-156.67	-158.35	-155.25	-150.82	-153.85	N/A
RIN max @ 700 mA	-145 max / -155 typ	dB/Hz	N/A	-160.56	-160.98	-161.43	-162.36	-160.79	-159.9	-161.07	-161.94	-159.13	-163.66	N/A
Largeur de raie à 100 mA	300000	Hz	N/A	38832	34853	41043	73920	39071	37318	37058	198885	42199	38748	N/A
Largeur de raie à 400 mA	300000	Hz	N/A	14044	36716	105323	93476	37003	53228	114634	58298	68811	120619	N/A
Largeur de raie à 700 mA	300000	Hz	N/A	45704	130438	262119	203262	202351	150851	292900	194962	215651	288412	N/A

Table 2 : Synthèse des performances finales des composants à une température de 25°C pour les puces de la barrette B2

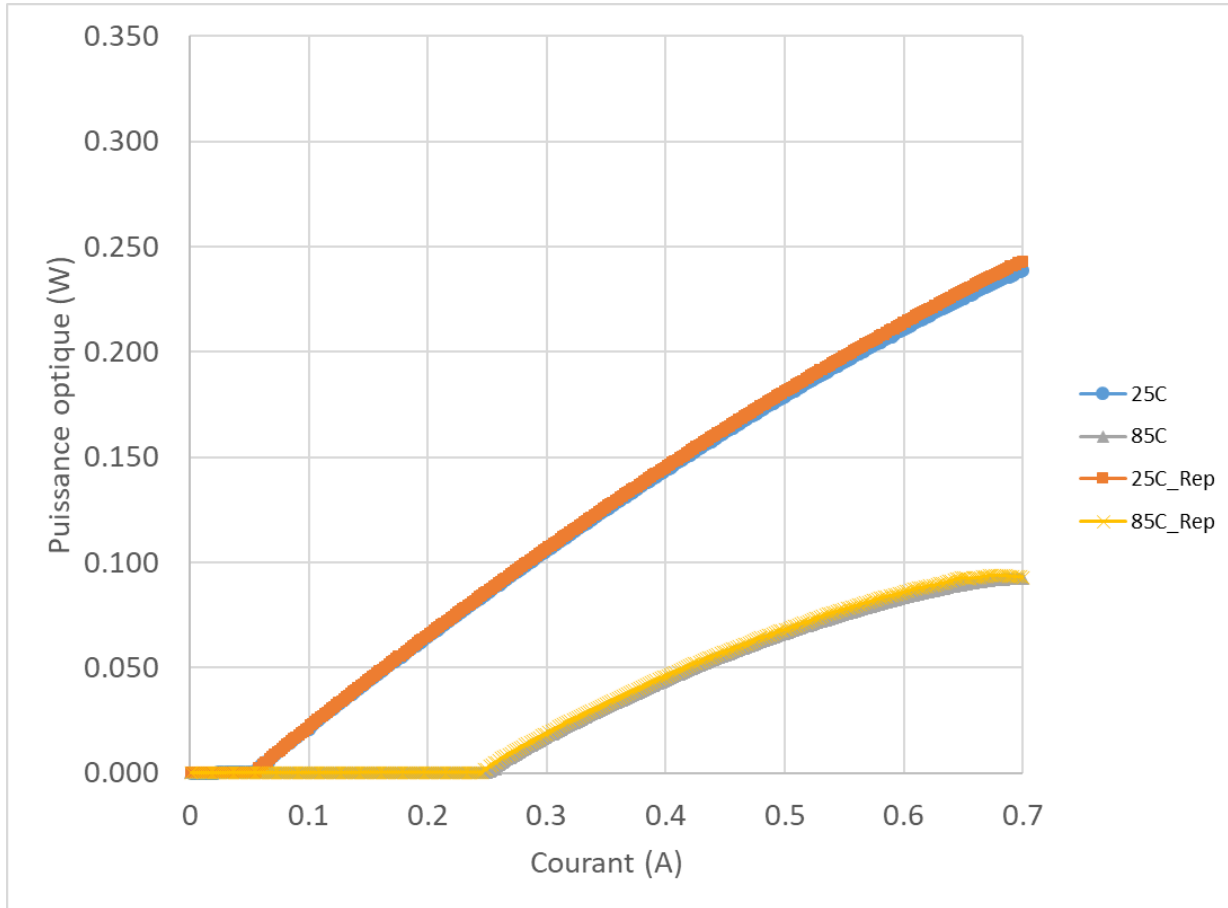
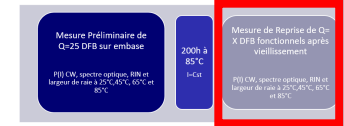
**Avant**

**Exemple sur 12 puces**

**Après**

**Exemple sur 12 puces**

## Mesures de reprise – Comparaison caractéristique P-I avant / après



**Bon point :**  
Caractéristiques post vieillissement très proches des mesures initiales

Mesure de la puissance de la puce B3-P16 en fonction du courant continu à 25°C et 85°C avant et après déverminage

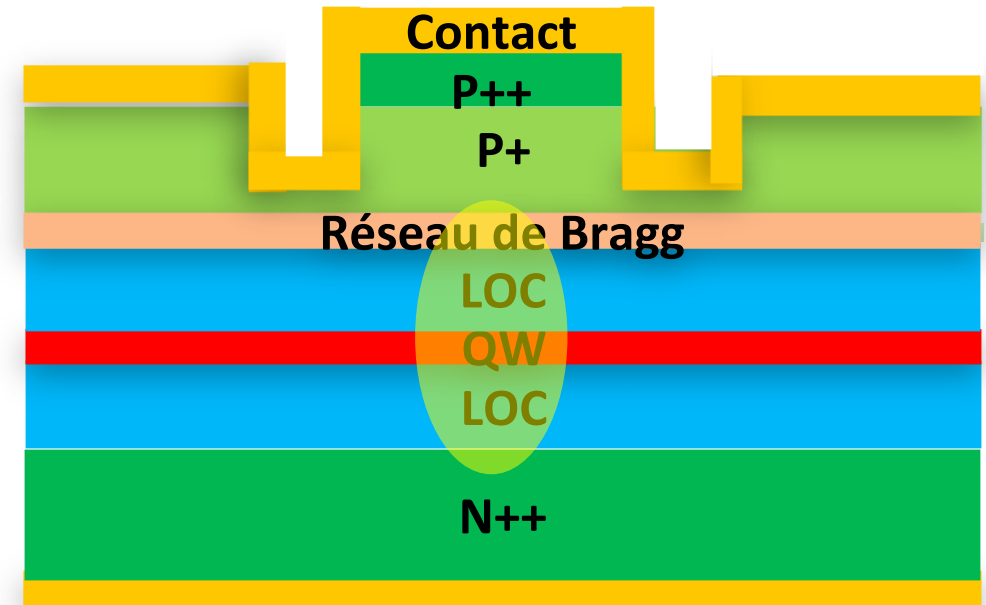
## Bilan vieillissement lasers DFB 1550 nm

- Pas de dégradation notable observée pour un vieillissement à 85°C de 200h
- Cette étude requalifiée en déverminage
- Robustesse à confirmer avec vieillissement sur 5000h

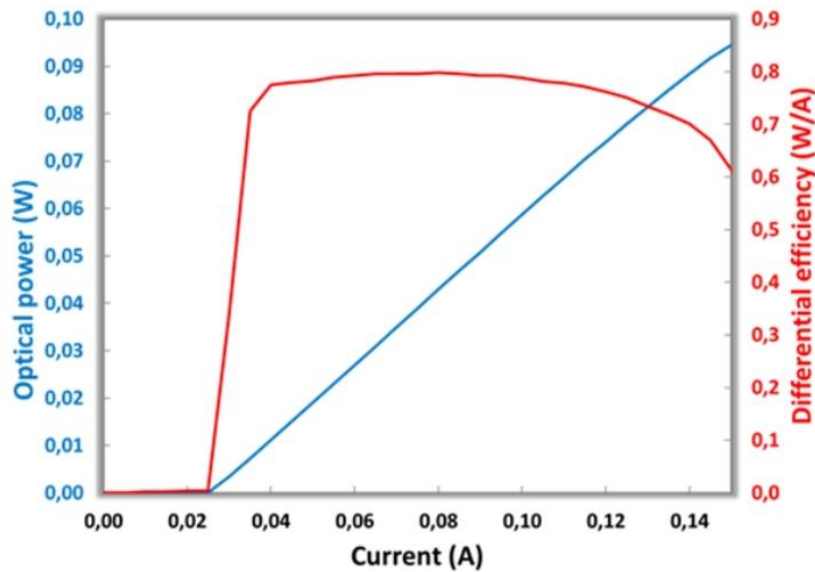
- **Introduction, Contexte:**
  - Présentation du III-VLab
  - Motivation des études de fiabilité
- **Composants étudiés et moyens de caractérisation**
  - Lasers DFB 852 nm sur GaAs et 1550 nm sur InP
  - Processus d'évaluation des composants
  - Moyens de vieillissement
- **Etude de lasers DFB 1550 nm**
- **Etude de lasers DFB 852 nm**
- **Conclusions et perspectives**

## Lasers DFB 852 nm sur GaAs

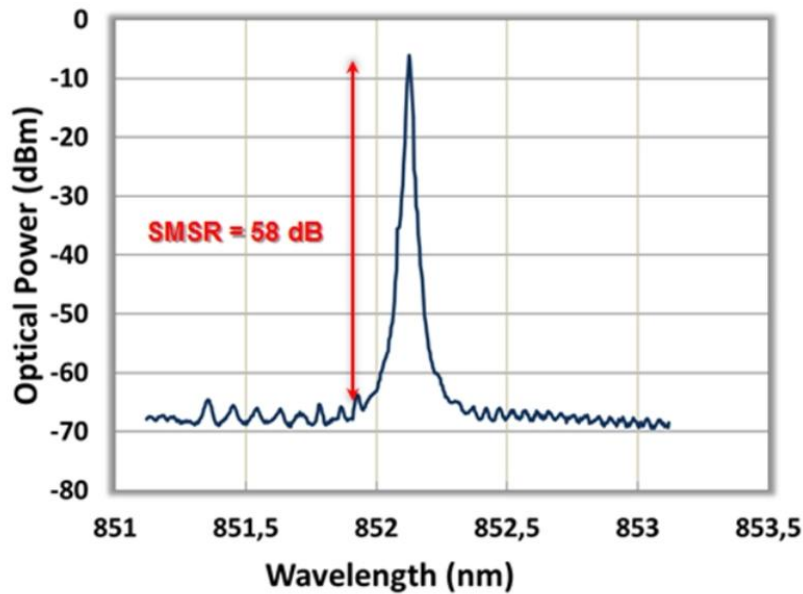
- Guide d'onde optique: guide shallow ridge
- Réseau de Bragg pour filtrer une longueur d'onde: réseau du 2<sup>nd</sup> ordre
- Puits quantiques pour obtenir du gain électro-optique: puits quantiques GaInAsP/GaInP
- Jonction P-N pour pomper les puits quantiques



## Performances typiques



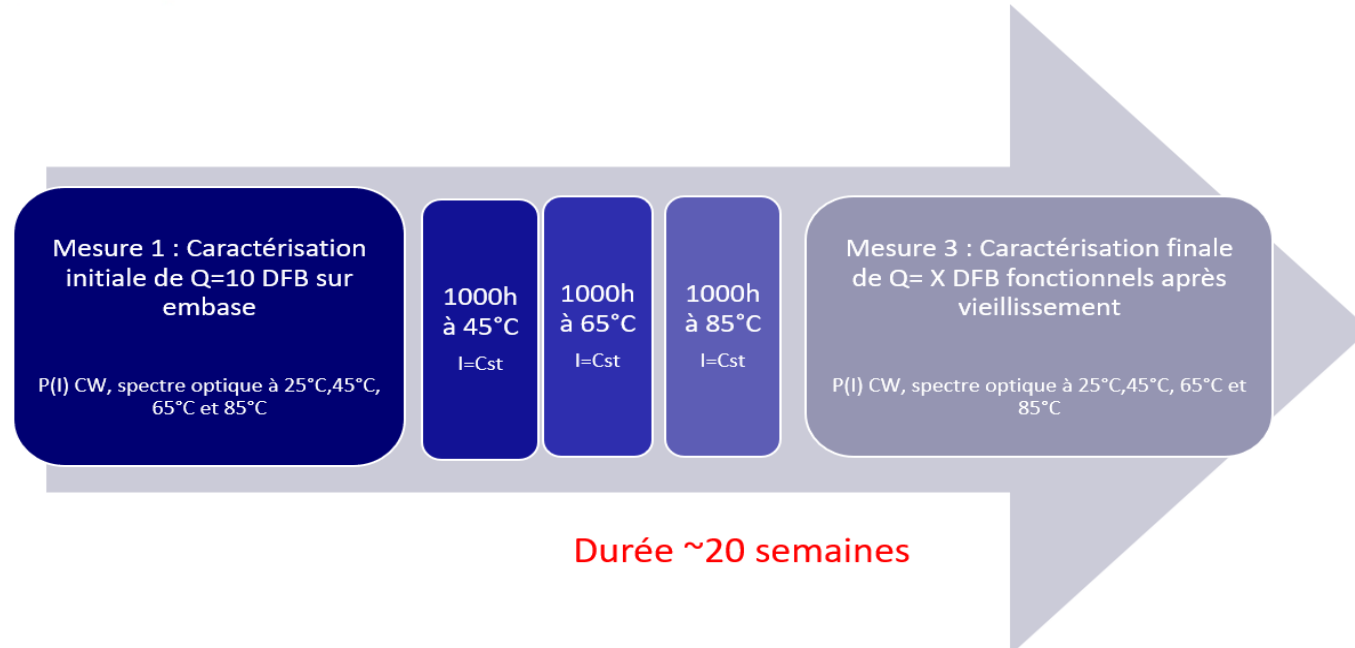
Caractéristique courant/tension d'une puce DFB Laser (en bleu)  
Caractéristique du rendement différentiel d'une puce DFB Laser (en rouge)



Spectre optique d'une puce DFB Laser centré à 852,12 nm  
(raie D2 du Cs)

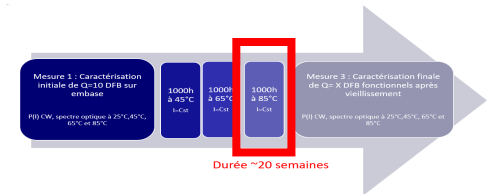
- Caractéristiques principales :
- Faible courant de seuil
  - Grande rejection du mode secondaire

## Vieillessement de 10 lasers DFB @ 852 nm Pour le pompage du Cs dans les horloges atomiques



**Le vieillissement commence à 45°C, température qui correspond à Tmax fonctionnement du composant en condition réelle**

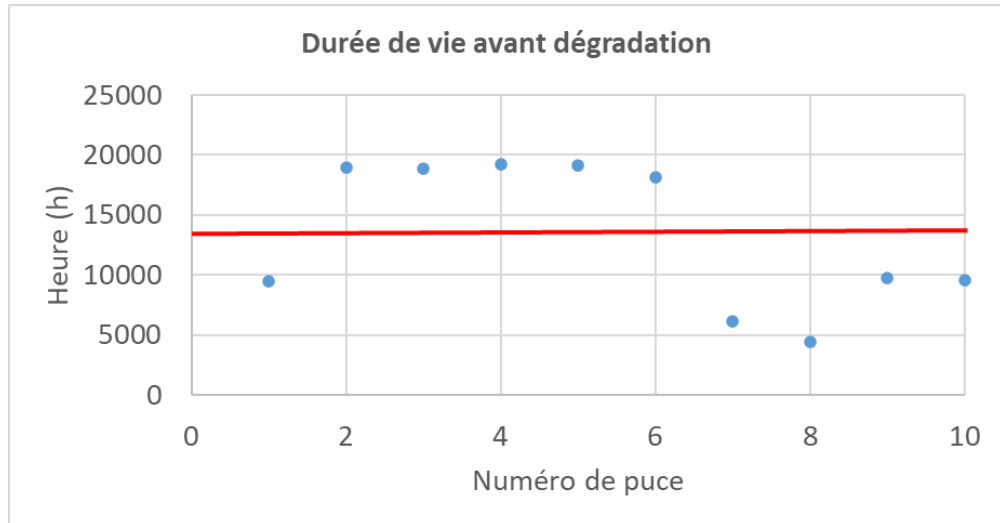
## Stress test à 85°C



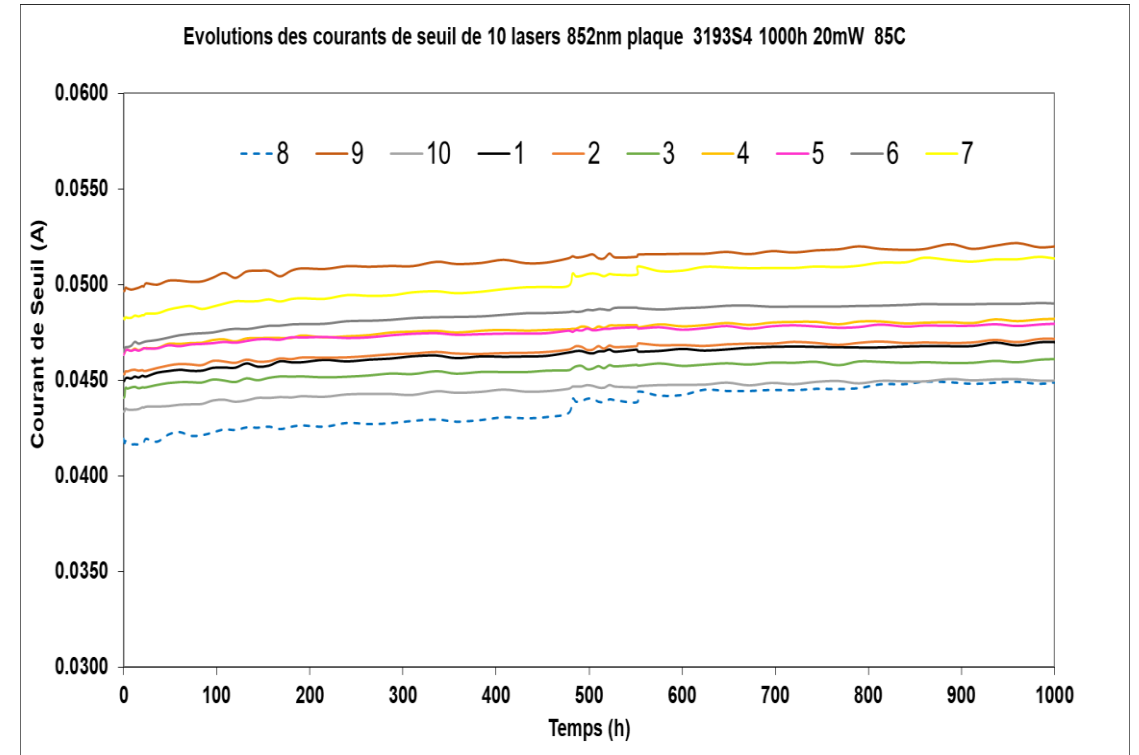
### Détermination des paramètres à long termes :

Dégradation d'un laser :  $\Delta I_{th} = I_{th} + 20\%$

Calcul du MTTF ( Mean Time to failure) = 50% de probabilité de dégradation



Durée de vie estimée à 85°C : 13 942 heures



## Bilan vieillissement lasers DFB 852 nm

- Dégradation linéaire de courant de seuil
- Durée de vie estimée à 85°C >10 000 h

- **Introduction, Contexte:**
  - Présentation du III-VLab
  - Motivation des études de fiabilité
- **Composants étudiés et moyens de caractérisation**
  - Lasers DFB 852 nm sur GaAs et 1550 nm sur InP
  - Processus d'évaluation des composants
  - Moyens de vieillissement
- **Etude de lasers DFB 1550 nm**
- **Etude de lasers DFB 852 nm**
- **Conclusions et perspectives**

## Conclusion

- **Etude de deux filières de lasers à semiconducteurs:**
- **Bon comportement en vieillissement des lasers DFB 1550 nm sur InP**
  - Technologie prometteuse
  - Etude à compléter (prolongation vieillissement, ajustement conditions)
- **Comportement différent des lasers DFB 852 nm sur GaAs:**
  - Dégradation régulière observée mais attendue
  - Durée de vie @ 85°C > 10 000 heures
  - Etude à compléter (prolongation vieillissement, ajustement conditions)

**A retenir : Il est nécessaire d'adapter la méthodologie de vieillissement à chaque brique technologique**

# NRTW 2026

## National Reliability Technology Workshop

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

# merci pour votre écoute !

Organisé par :



Financé par :

