



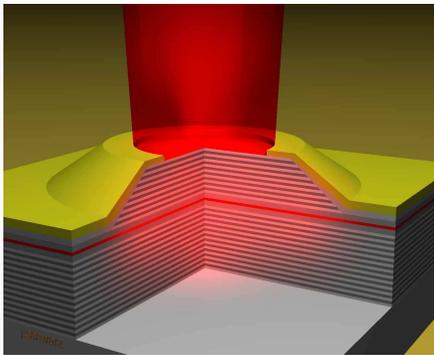
Systemes Opto-microondes à base de VCSEL

Angélique Rissons, Jean-Claude Mollier

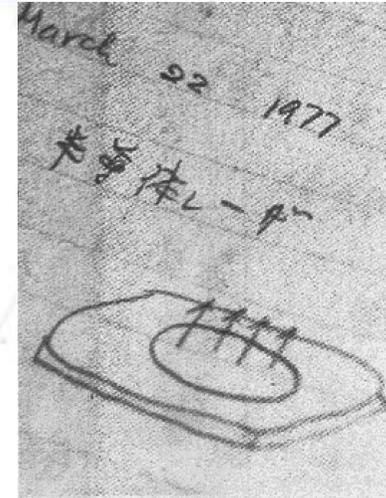
- ✓ Introduction: VCSEL
- ✓ Modélisation et caractérisation de VCSEL émettant à 850nm, 1.3 μ m et 1.55 μ m
- ✓ Réalisation d'un oscillateur opto-microondes à base de VCSEL
- ✓ Verrouillage optique de VCSELS
- ✓ Conclusion et perspectives

Journée du Club optique microondes, 30/06/09
Systemes opto-microondes à base de VCSEL

Le VCSEL



- ✓ Emission perpendiculaire à la zone active
- ✓ Haut niveau d'intégration
- ✓ Assemblage possible en matrice
- ✓ Faible consommation électrique
- ✓ Coût réduit

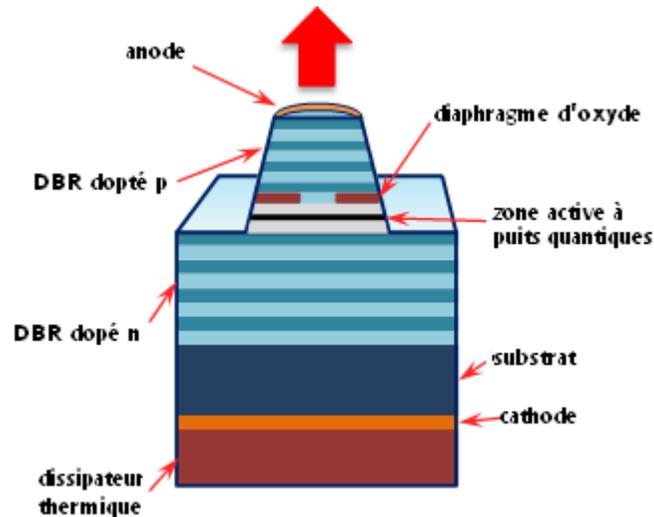


Composant récent ➔ performances à améliorer

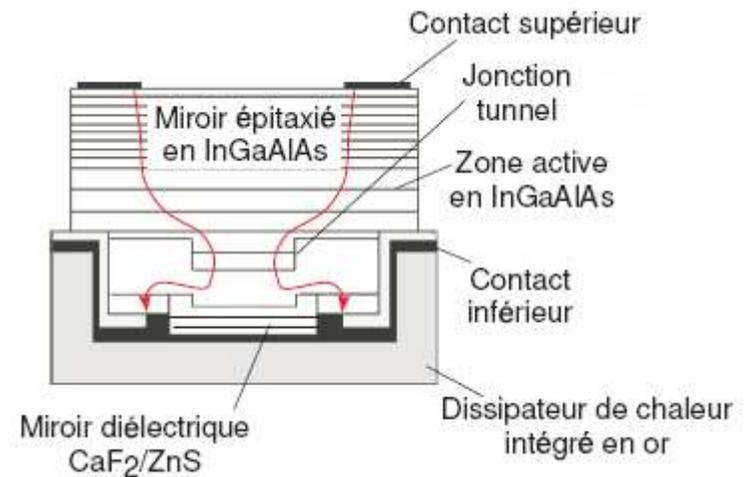
Modélisation et caractérisation de VCSELS

Différentes structures de VCSELS

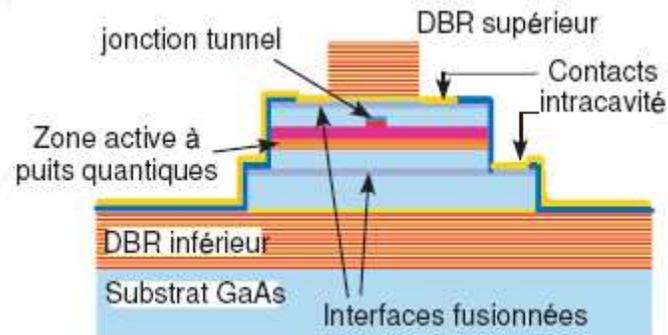
850nm Ulm Photonics (GaAs/AlGaAs)



1.55µm Vertilas



1.3µm, 1.55µm BeamExpress (wafer fusion InGaAlAs, DBR GaAs)

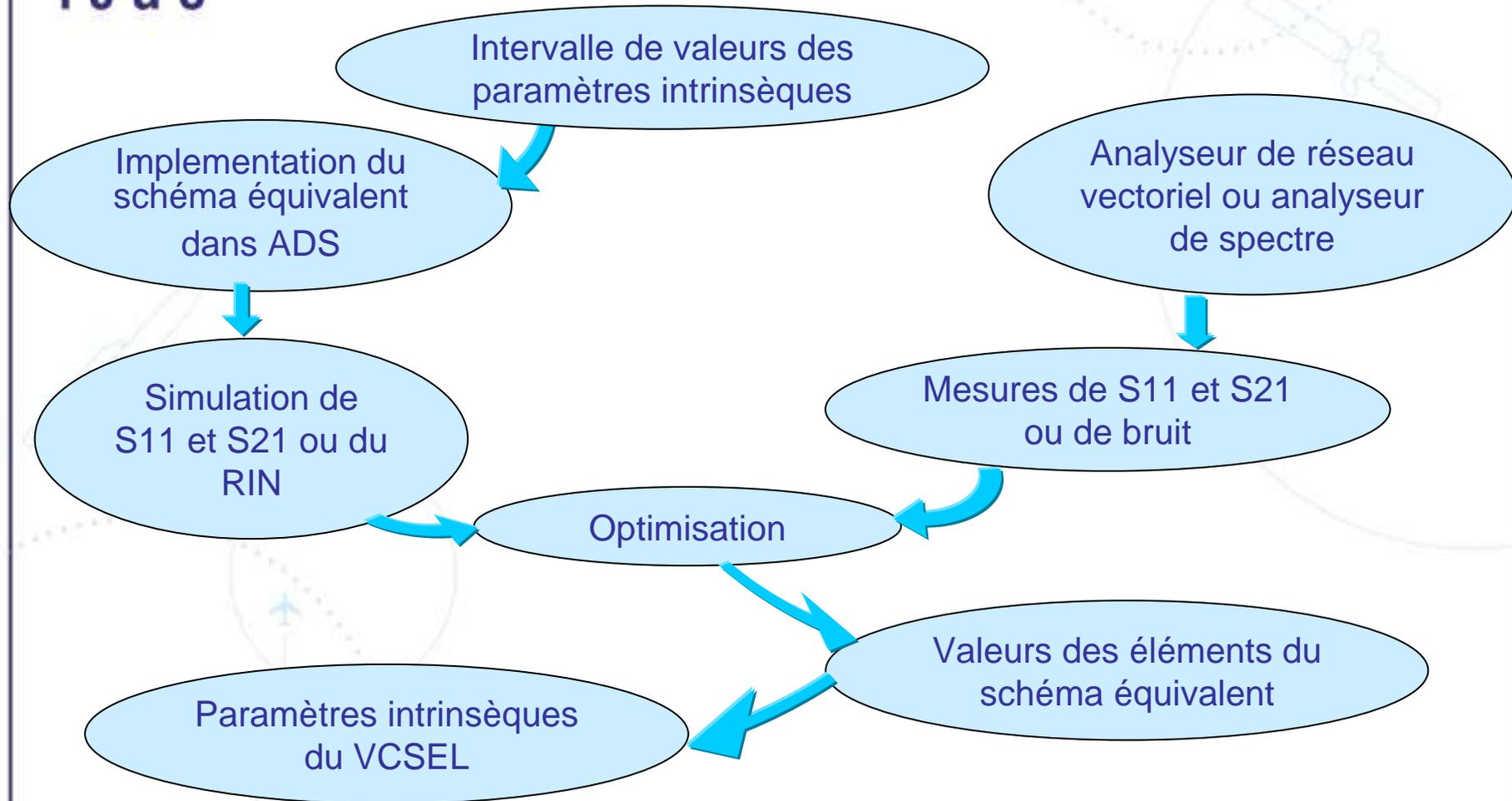


Journée du Club optique microondes, 30/06/09
Systèmes opto-microondes à base de VCSEL



Modélisation de VCSELS

➤ **Modélisation optoélectronique** : confrontation des équations d'évolution du VCSEL (2 équations couplées régissant les échanges électron-photon) et d'un schéma électrique équivalent comportemental.



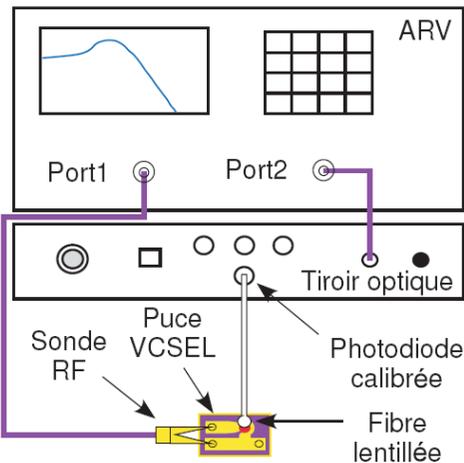
Caractérisation de VCSELs



1,3µm



1,55µm



✓ Test de différentes structures de VCSEL: commercialisés (Vertilas, Raycan) ou échantillons fournis par le fabricant (Ulm photonics, BeamExpress)

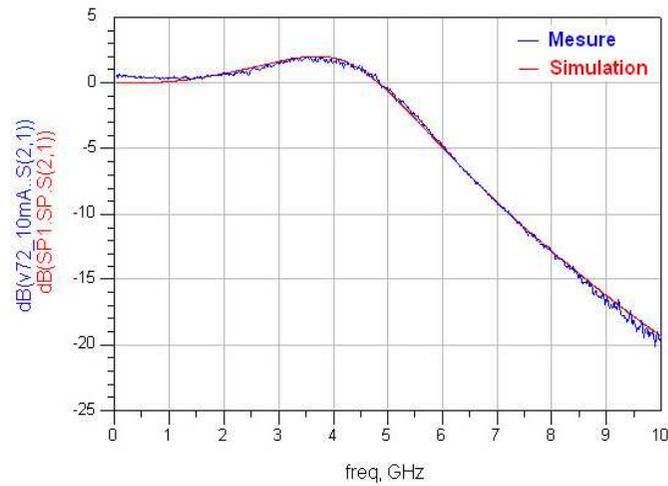
✓ Mesure de largeur de raie, mesure de paramètres S11 et S21, mesures de bruit relatif d'intensité (RIN)

✓ Extraction des paramètres intrinsèques du VCSEL

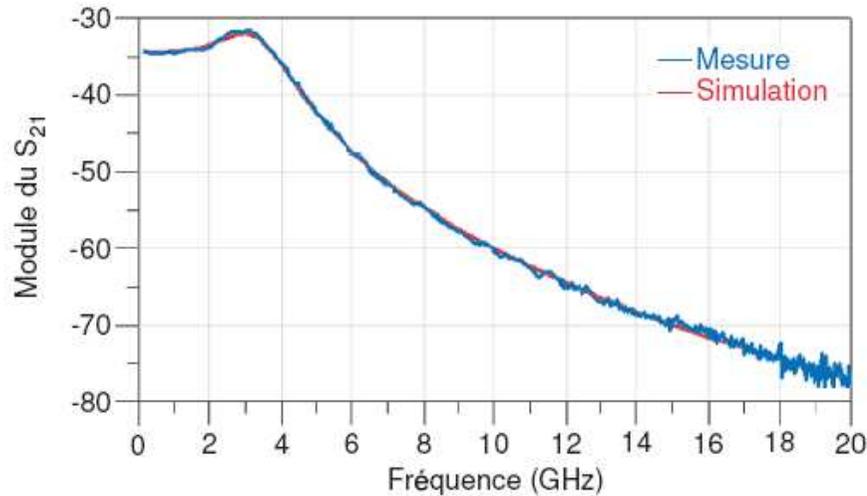
✓ Échanges avec BeamExpress et l'EPFL ➔ amélioration des performances et avec Dlightsys ➔ intégration dans des modules d'interconnexion optique dans le cadre du projet transnational MNT EraNet (LWCDWDMVCSEL)



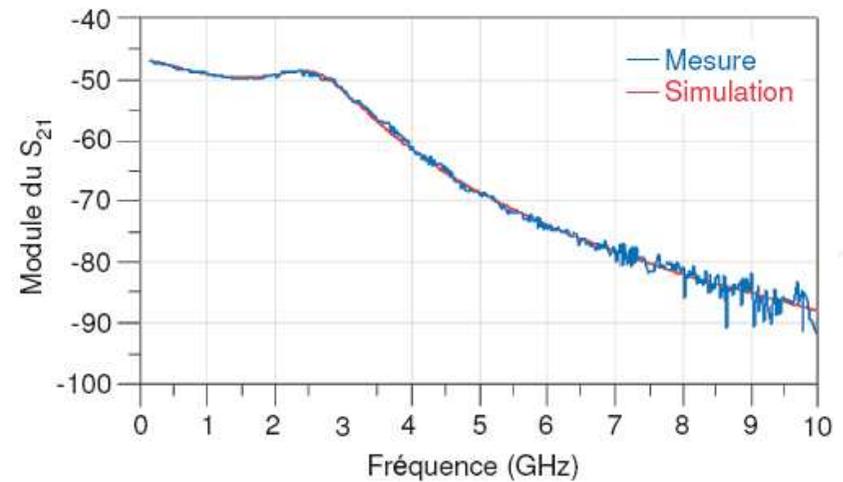
Comparaison mesures et simulation



VCSEL à 850nm



VCSEL à 1310nm



VCSEL à 1550nm

Journée du Club optique microondes, 30/06/09
Systèmes opto-microondes à base de VCSEL



Réalisation d'un oscillateur opto-microondes à base de VCSELS

Intérêt d'un oscillateur opto-microondes à base de VCSELS (VBO)

Avantages du VCSEL pour la génération optique de signaux hyperfréquences



Compacité si VCSEL modulé directement



Réduction de consommation électrique



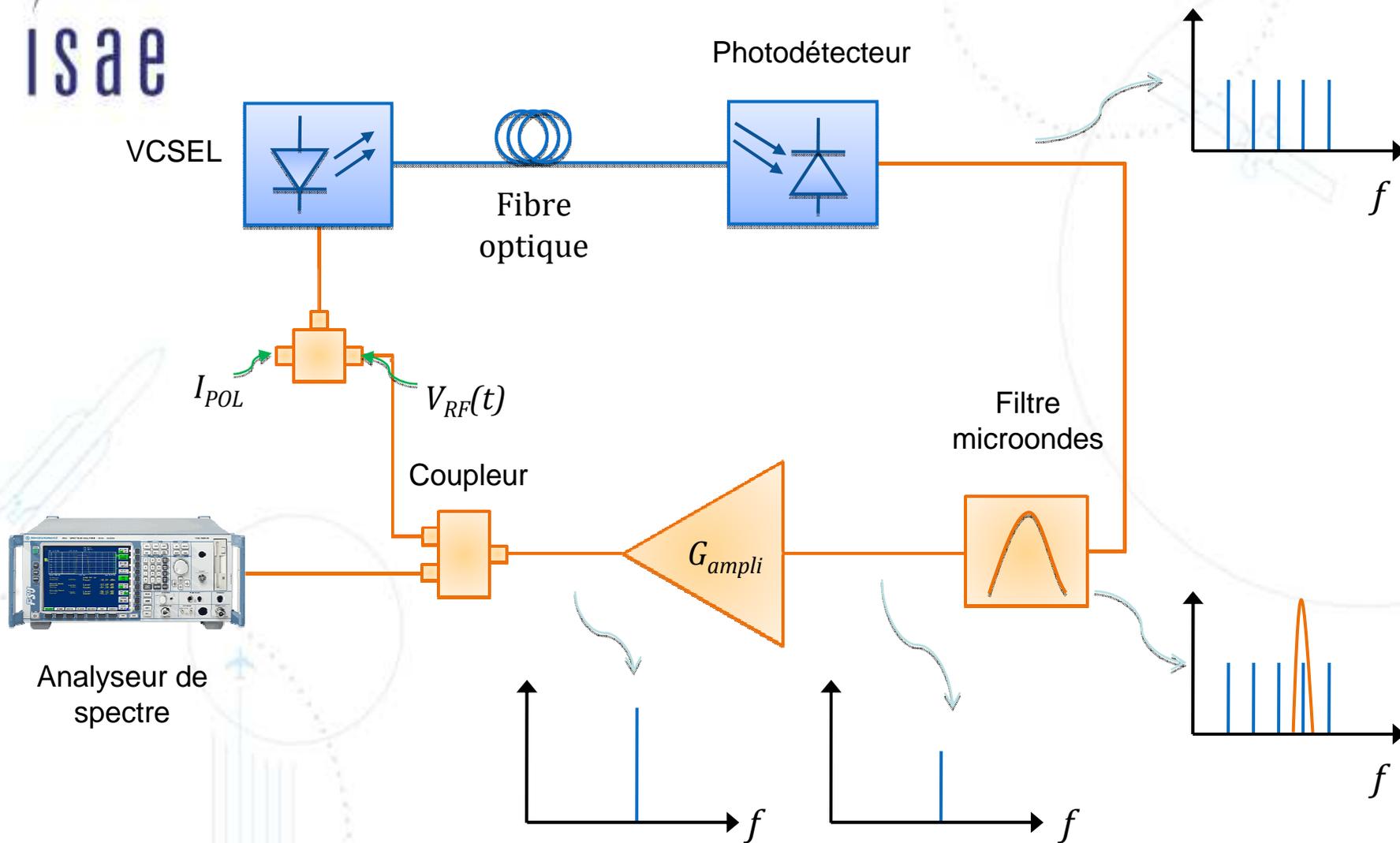
Réduction de coût

Inconvénient majeur : RIN du VCSEL élevé



Performance en bruit à améliorer

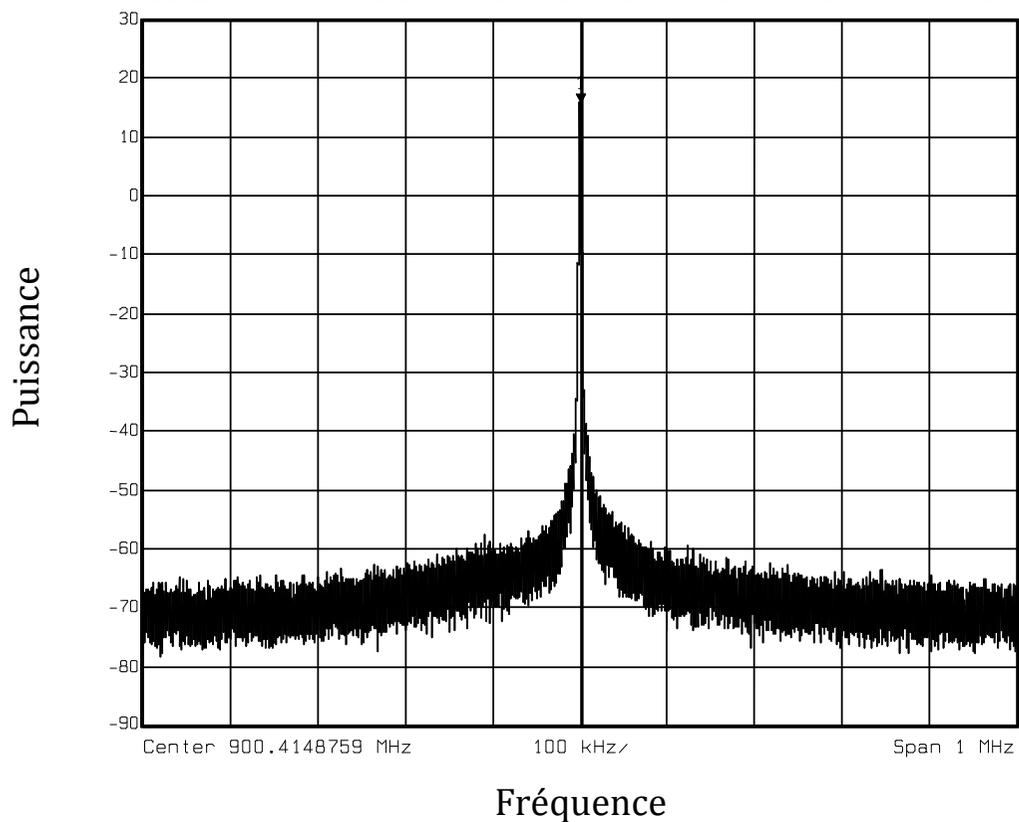
Réalisation d'un oscillateur opto-microondes à base de VCSELS





Oscillateur à 900 MHz avec VCSEL Multimode à 850nm

Marker 1 [T1] RBW 1 kHz RF Att 50 dB
Ref Lvl 15.62 dBm VBW 100 Hz Mixer -20 dBm
30 dBm 900.41487594 MHz SWT 25 s Unit dBm



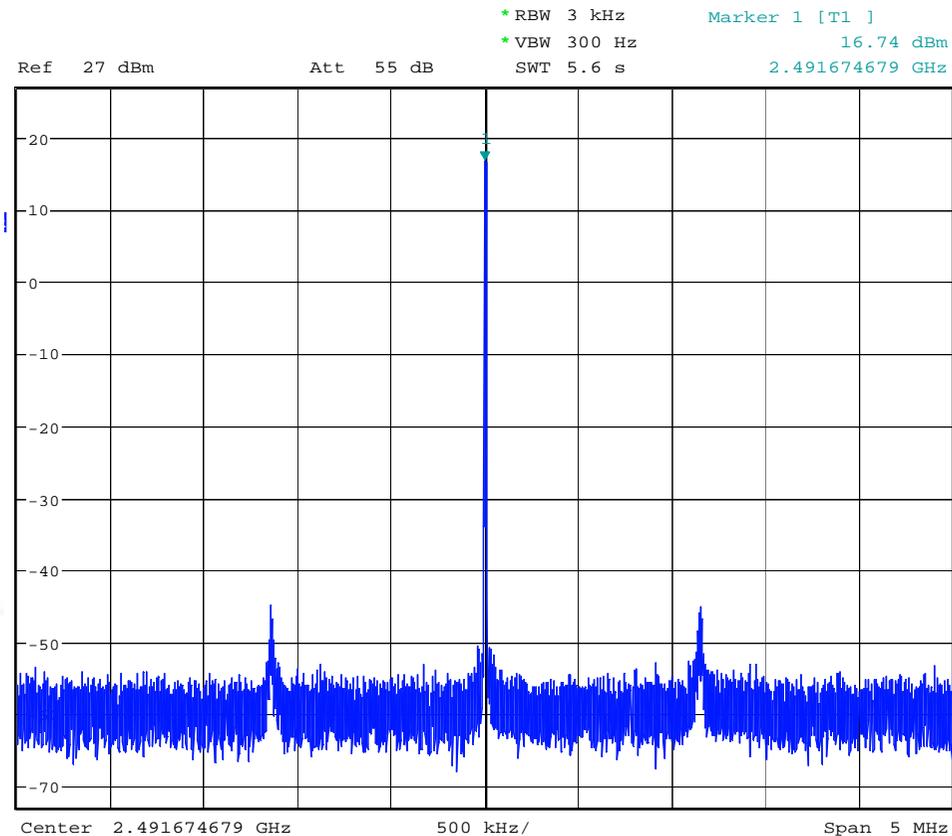
L (m)	ISL (MHz)	Bruit de Phase (dBc/Hz)
60	2	-98
120	1,1	-100
200	0,780	-102

Fréquence d'oscillation 900,4 MHz, puissance d'oscillation 15 dBm, longueur de la fibre optique 120 m, courant de polarisation du VCSEL 12,5 mA

Journée du Club optique microondes, 30/06/09
Systèmes opto-microondes à base de VCSEL



Oscillateur à 2.49GHz avec VCSEL multimode à 850nm

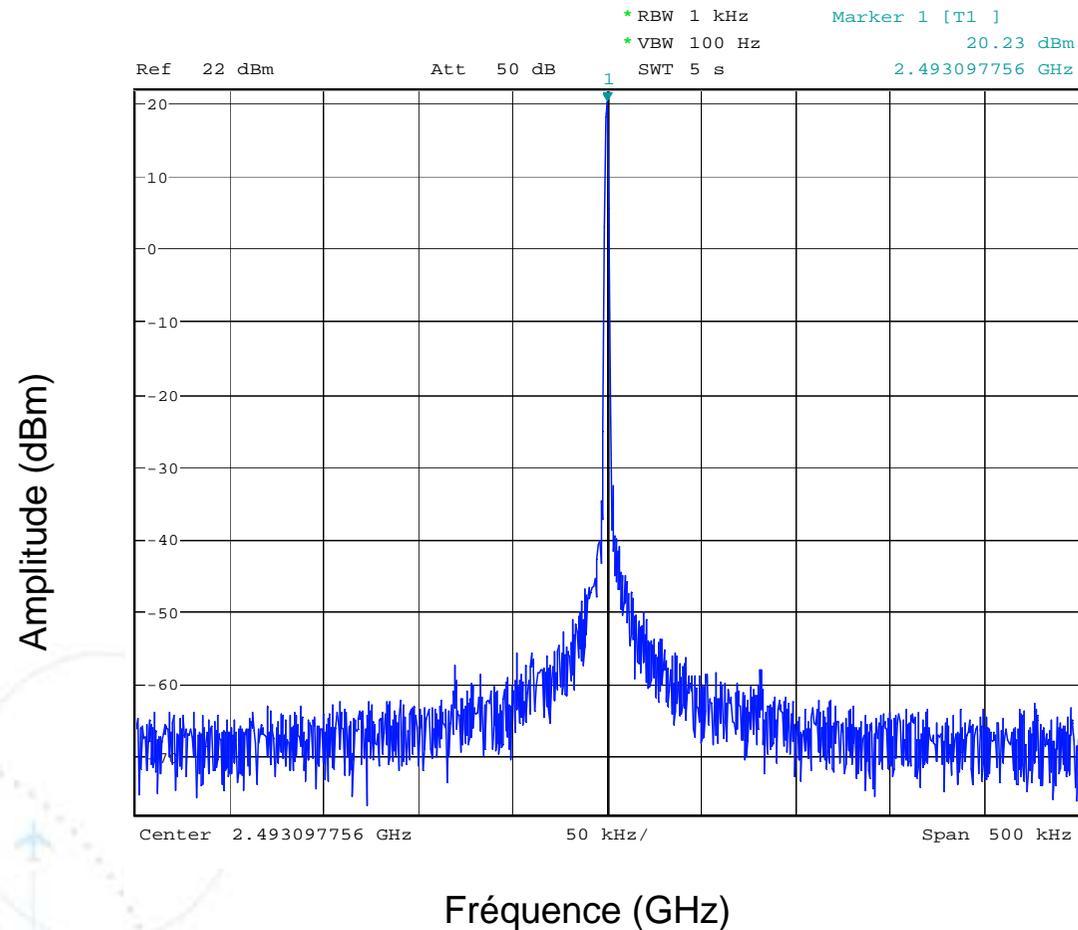


Fréquence d'oscillation 2,49 GHz, puissance d'oscillation 16,74 dBm, longueur de la fibre optique 120 m. Courant de polarisation du VCSEL 3,2 mA

Journée du Club optique microondes, 30/06/09
Systemes opto-microondes à base de VCSEL



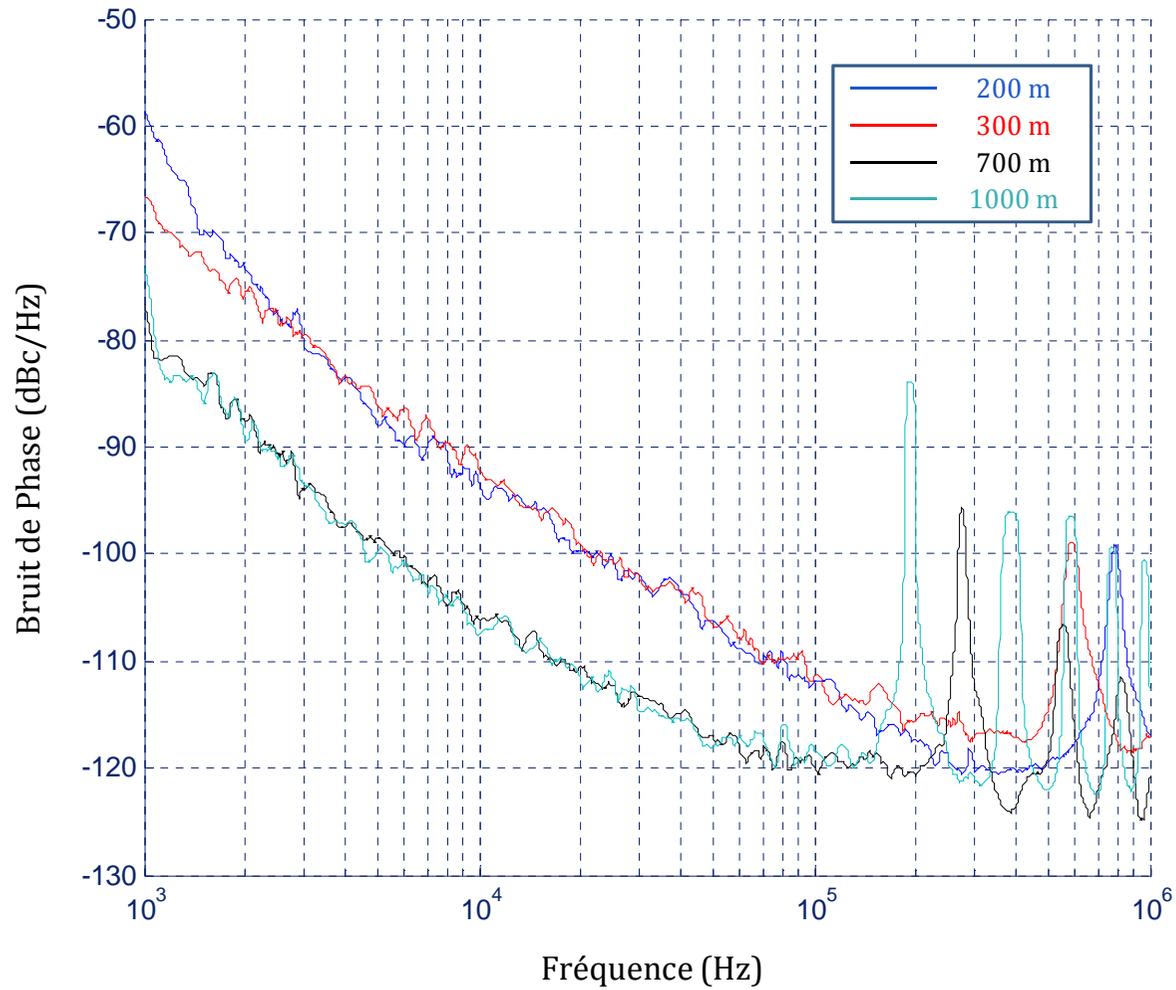
Oscillateur à 2.49GHz avec VCSEL monomode à 1560nm



Fréquence d'oscillation 2,49 GHz, puissance d'oscillation 20 dBm. Courant de polarisation du VCSEL 6 mA

Journée du Club optique microondes, 30/06/09
Systèmes opto-microondes à base de VCSEL

Oscillateur à 2.49GHz avec VCSEL monomode à 1560nm: Bruit de phase en fonction des différentes longueurs de fibre





Résultats obtenus avec les VBO

Oscillateur	L (m)	I _{pol} (mA)	RIN laser (dB/Hz)	ISL (MHz)	P _{osc} (dBm)	BP à 10kHz (dBc/Hz)
VBO 850 nm MM 900 MHz	120	12,5	-130	1,1	15	-100
VBO 850 nm MM 2,49 GHz	120	3,2	-130	1,1	16	-100
VBO 850 nm SM 900 MHz	60	1	-130	1,6	-30	-85
VBO 1330 nm SM 2,49 GHz	100	6	-130	1,3	-3,8	--
VBO 1560 nm SM 2,49 GHz	1000	6	-135	0,180	15,6	-107,5



Utilisation de nouvelles générations de VCSEL: RIN < -150 dB/Hz



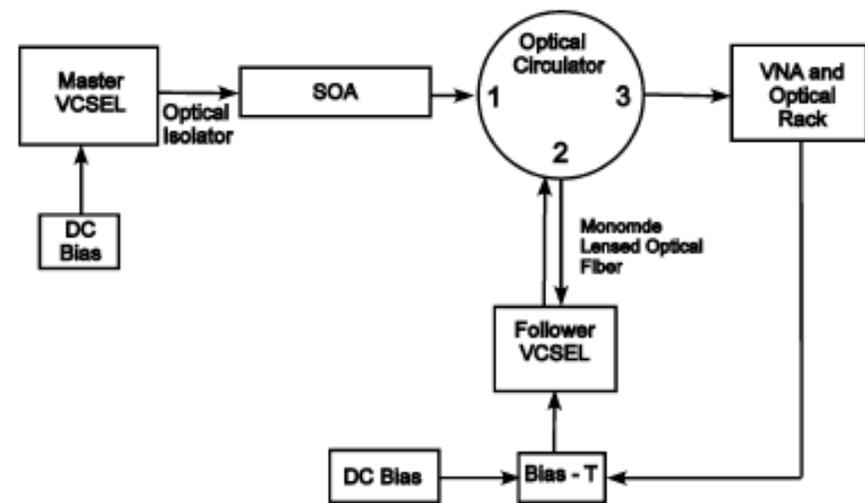
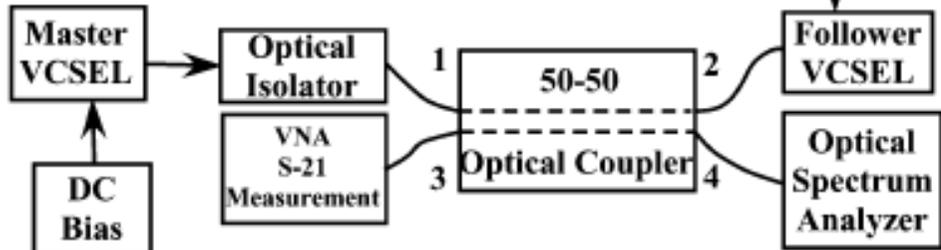
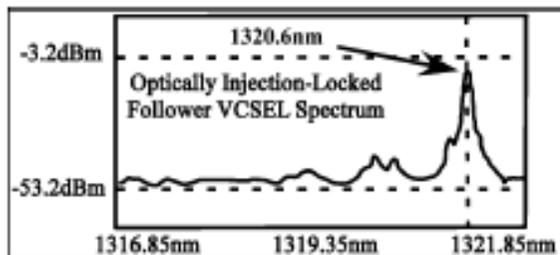
Verrouillage optique de deux VCSELs

Injection des photons d'un VCSEL maître dans la cavité d'un VCSEL suiveur → verrouillage sous certaines conditions de puissances et de fréquence (detuning: $\Delta\omega = \omega_{\text{master}} - \omega_{\text{follower}}$)

→ ↑ Fréquence de coupure à -3dB

Deux architectures du dispositif de verrouillage

Deux types de VCSEL $\lambda = 1,31$ ou $1,55\mu\text{m}$





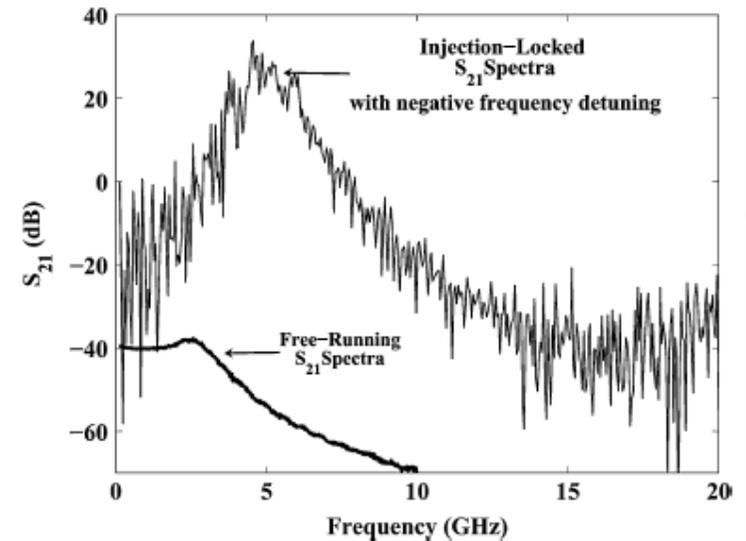
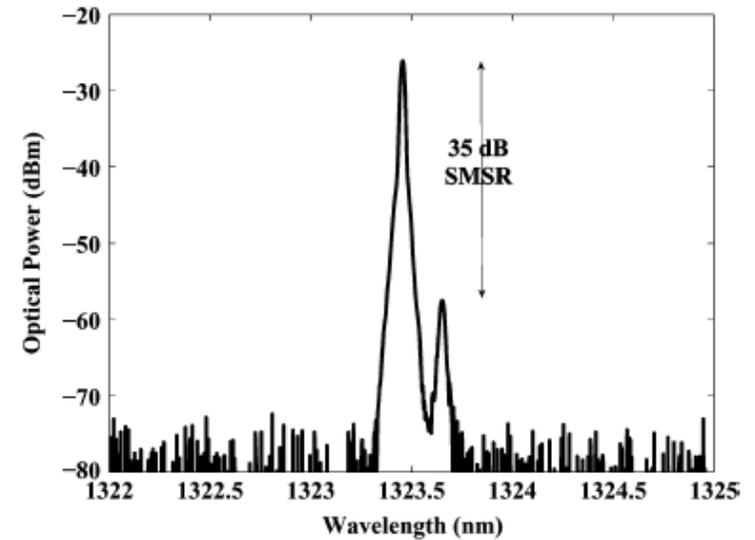
Verrouillage sur un mode satellite

Spectre optique du laser suiveur:
deux modes avec un SMSR de 35dB.

Verrouillage sur le mode secondaire:
ajustement de ω_{master} avec le courant
de polarisation

- Architecture avec coupleur 4 ports
- Modulation petit signal du laser suiveur
- $\Delta\omega < 0$

AUGMENTATION DE LA FREQUENCE
DE COUPURE

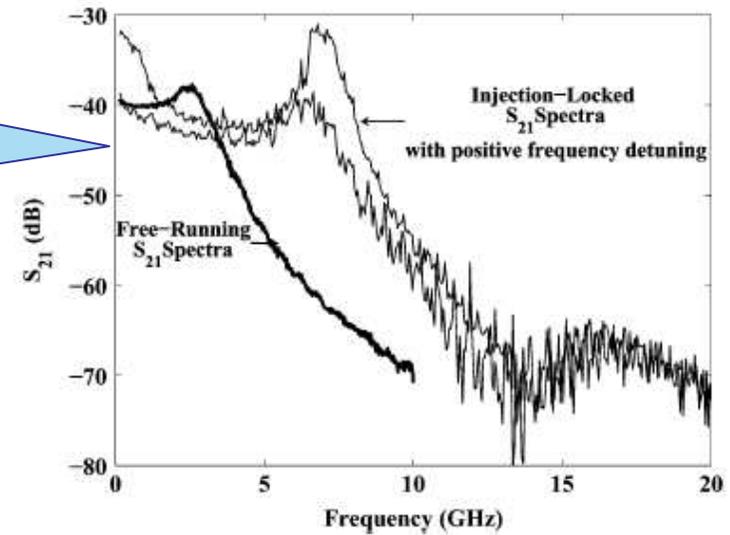




Résultats avec architecture SOA + circulateur

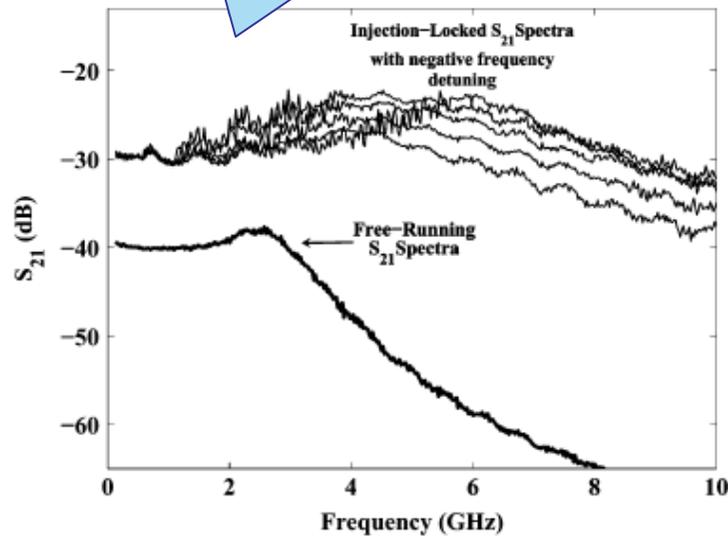
$$\Delta\omega > 0$$

Puissance injectée:
9 et 10.2 dBm

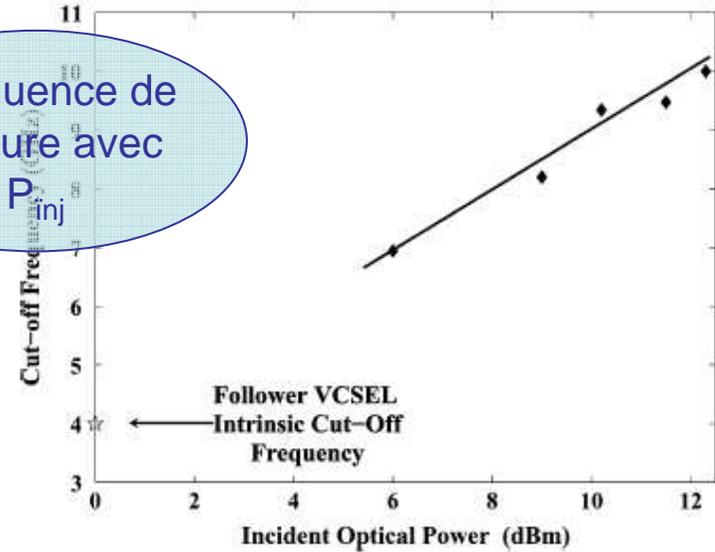


$$\Delta\omega < 0$$

Puissance injectée: 6,
9, 10.2, 11.5, 12.5 dBm

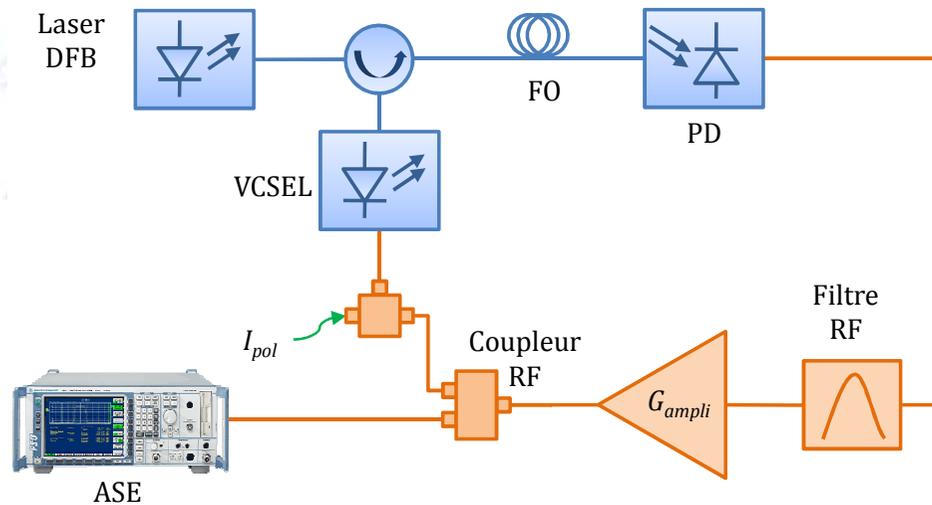


↑ Fréquence de
coupure avec
 P_{inj}



Conclusions et perspectives

- Mesures de bruits et de la largeur de raie du système de verrouillage optique
- Modélisation et simulation basée sur les équations d'évolution
- Intégration du dispositif



- Réalisation d'un VBO avec deux VCSELS