

# **PIMS**

# Centres NV du Diamant

---

FOLLET - GRANIER - GRIVET - MENEZES FERREIRA - TOUFIK - VISIVE

Encadrants : Lionel JACUBOWIEZ & Marie-Pierre ADAM

# Introduction

---

## Sources de photons uniques :

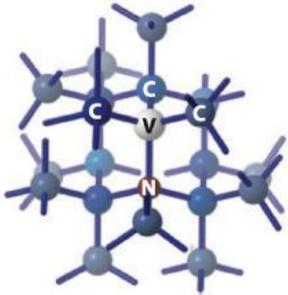
- Molécules de synthèse
  - Boîtes quantiques de semi-conducteurs, photo-stables mais
  - Centres NV
  - Expérience HOM : création de paires de photons par effet non-linéaire
- ➔ Les centres NV sont une source de photons uniques accessible et pratique.

## Applications

- Pour des mesures de spins nucléaires (RMN), des échantillons de  $\sim 10^{17}$  spins. Sur des centres NV, on peut mesurer des spins individuels
- ➔ Gain en sensibilité, permet de des champs magnétiques et températures avec une résolution spatiale  $\sim 10^{-9}$  m
- ➔ Les spins uniques sont utiles pour l'informatique quantique

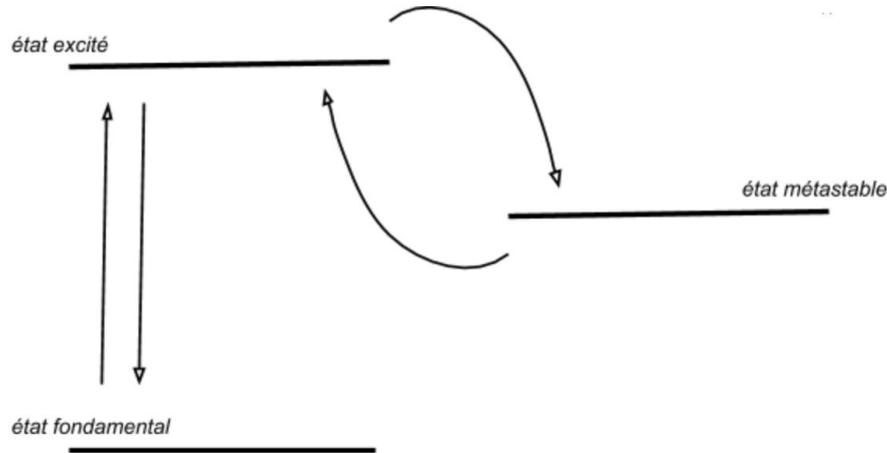
# Fonctionnement des centres NV

## Nitrogen-Vacancy

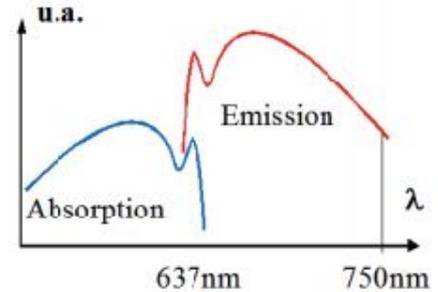


Source Investigating single photon state with Hanbury brown and Twiss interferometer and NV centers in bulk diamond : an undergraduate experiment

## Modélisation simplifiée du centre fluorescent



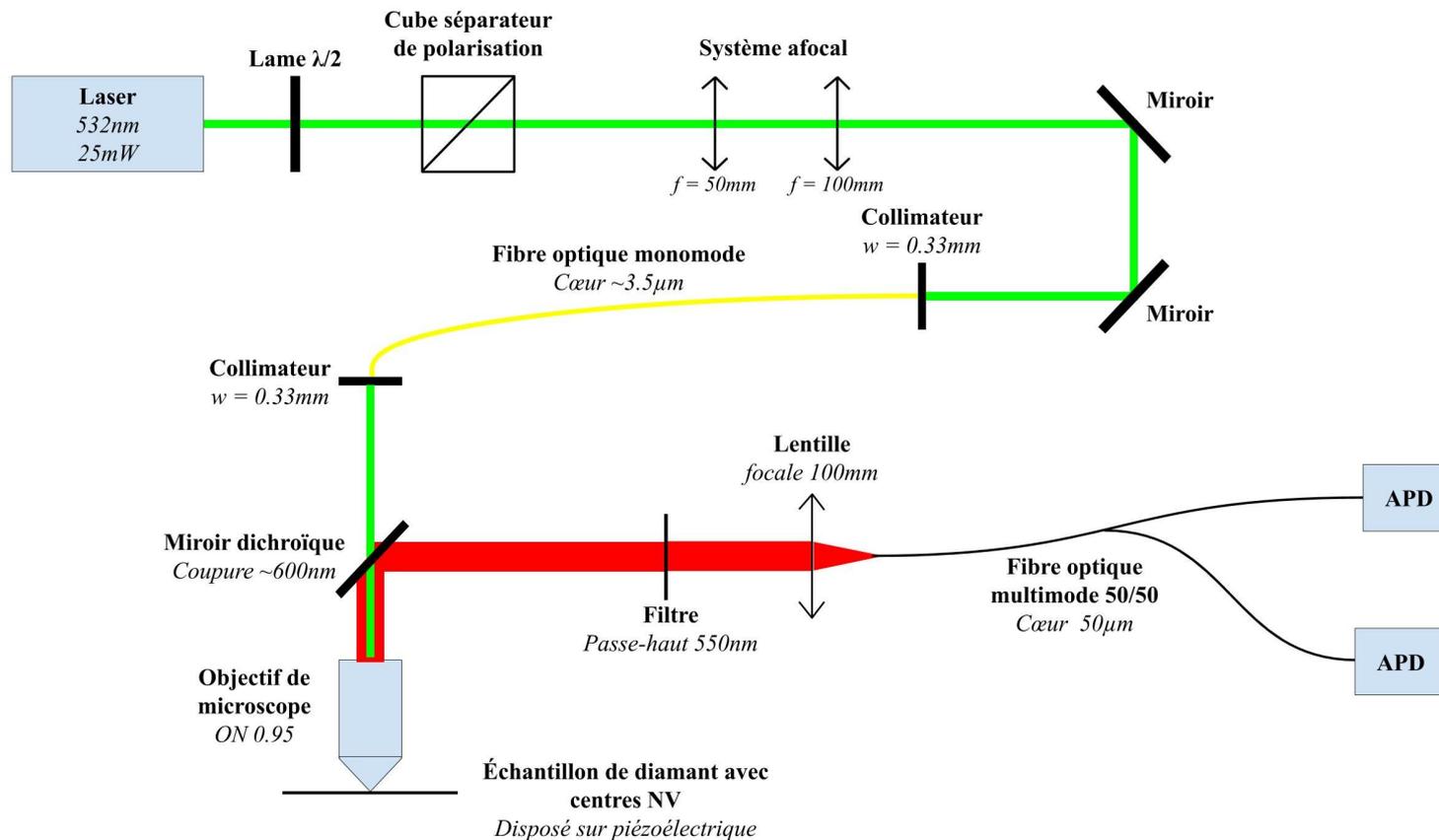
## Spectre de centre NV



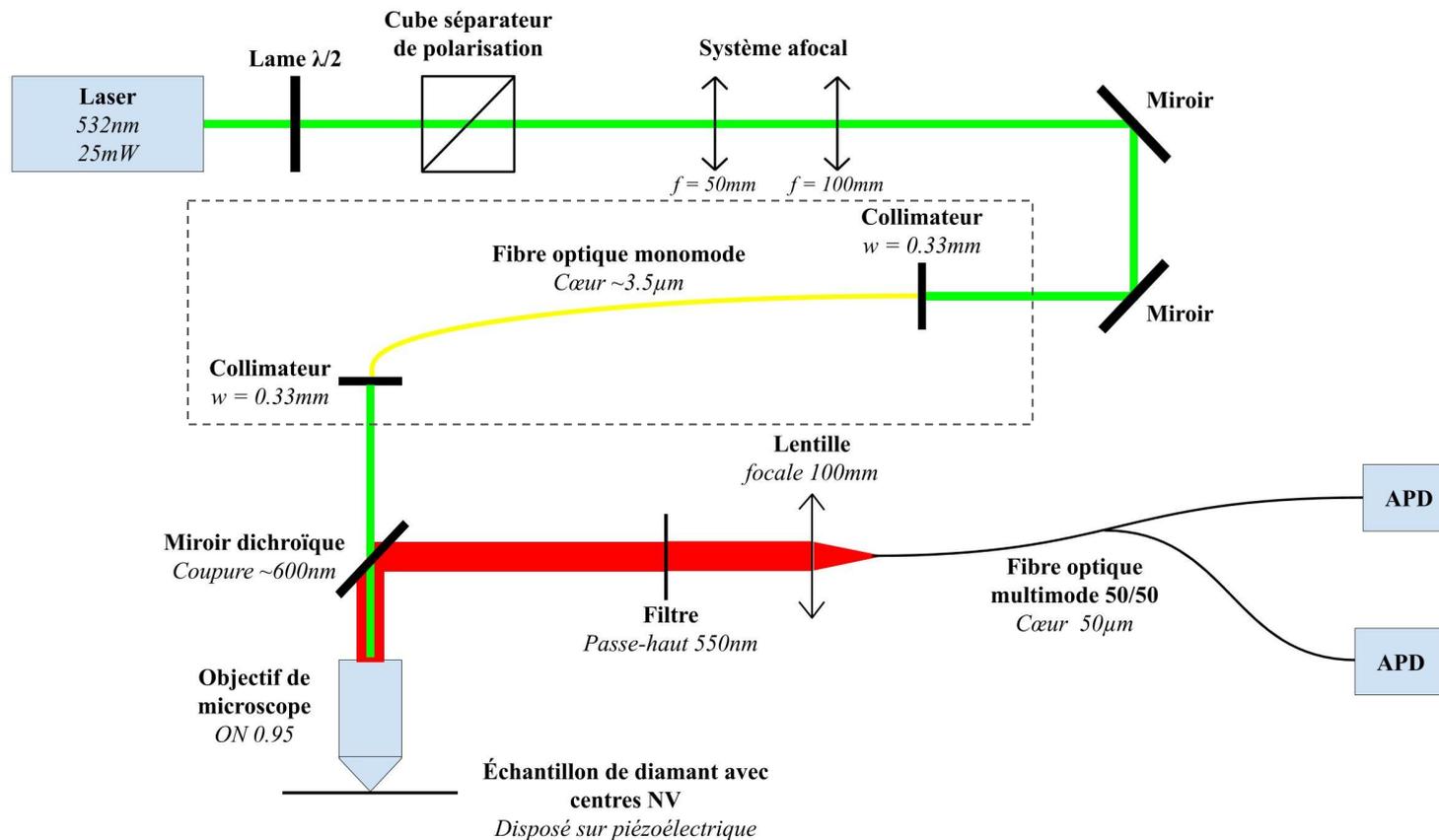
Source Dispositifs pour la cryptographie quantique

Rosa Tualle-Brouri

# Montage global



# Guidage du laser :



# Guidage du laser : *Optimisation de la puissance*

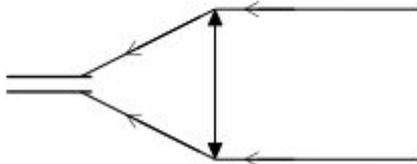
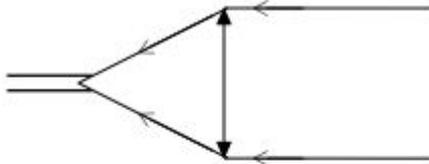
---

Matériel :

- Diamètre du laser à 0,33mm
- Puissance laser en entrée de la fibre à près de 20mW.
- Fibre optique monomode de diamètre 3,5  $\mu\text{m}$ .
- Objectif microscope x10

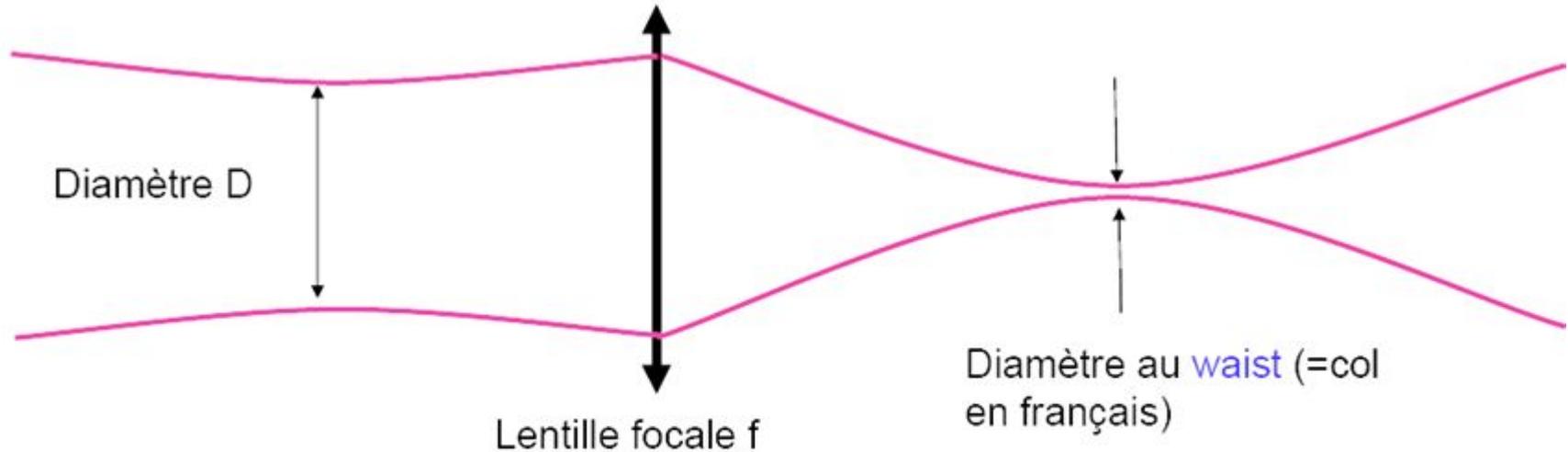
Objectifs :

- Efficacité en puissance >50%



# Guidage du laser : *Focalisation de Faisceau Gaussien*

---



Ordre de grandeur : si  $f \sim D \rightarrow \Phi \sim \lambda$

$$\Phi = 4\lambda f / \pi D$$

(Illustration extraite du cours de lasers de F.Balembois)

pour :  $\lambda = 630nm, \Phi_{fibre} = 3,5\mu m, D = 0,66mm$

$$\Phi \leq \Phi_{fibre} \quad \text{et} \quad \Phi = \frac{4\lambda f'}{\pi D}$$

$$f' \leq \frac{\pi D \cdot \Phi_{fibre}}{4\lambda}$$

$$f' \leq 2,8mm$$

**Remarque:**  $P_{sortie} \propto \text{surface} \propto D$

# Guidage du laser : *Résultats actuels*

---

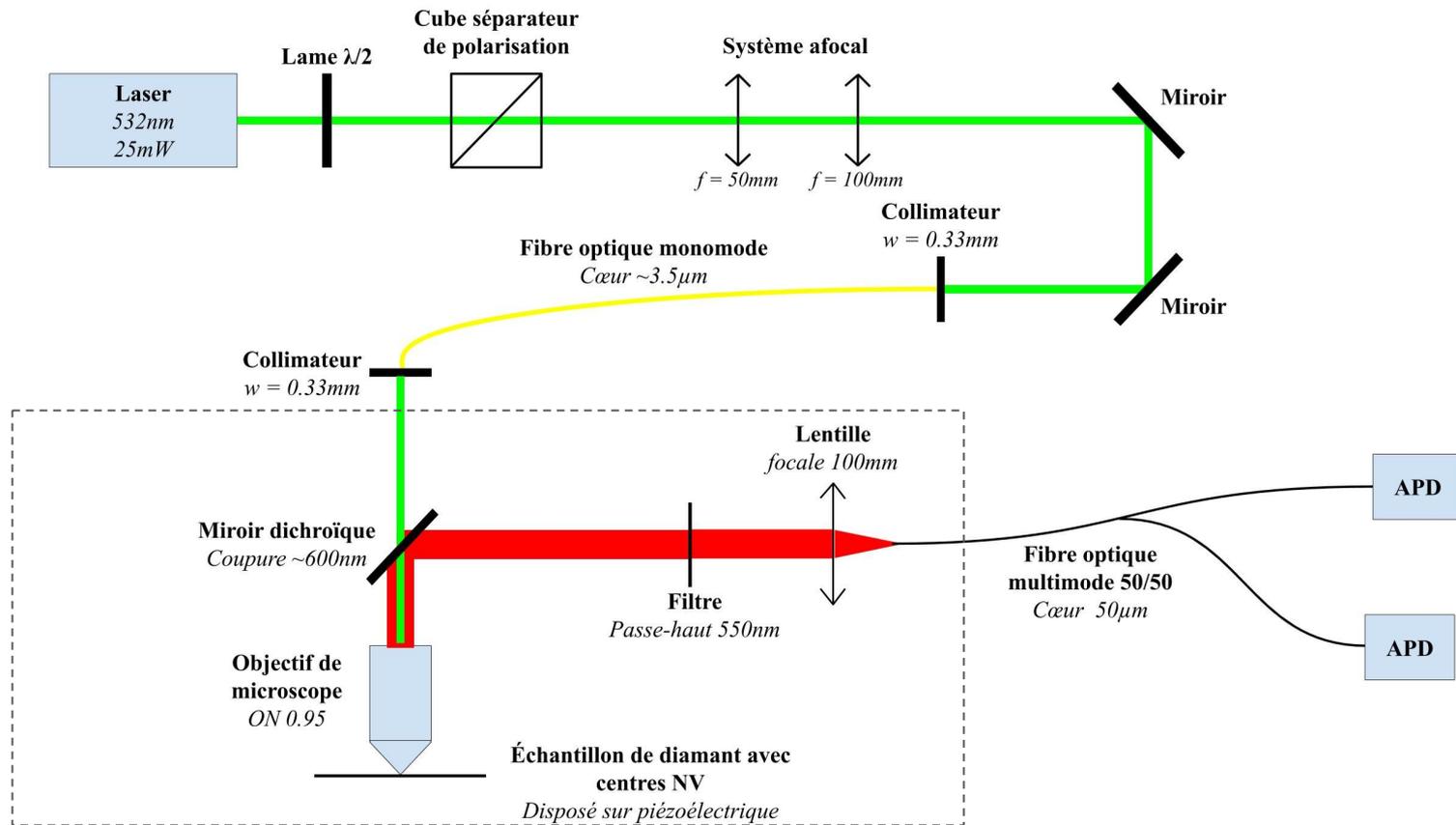
## Résultat :

- Puissance maximale en sortie entre 7,5mW et 8mW en sortie de la fibre pour 20mW en entrée. (avec une marge d'amélioration)

## Solutions ou améliorations envisageables :

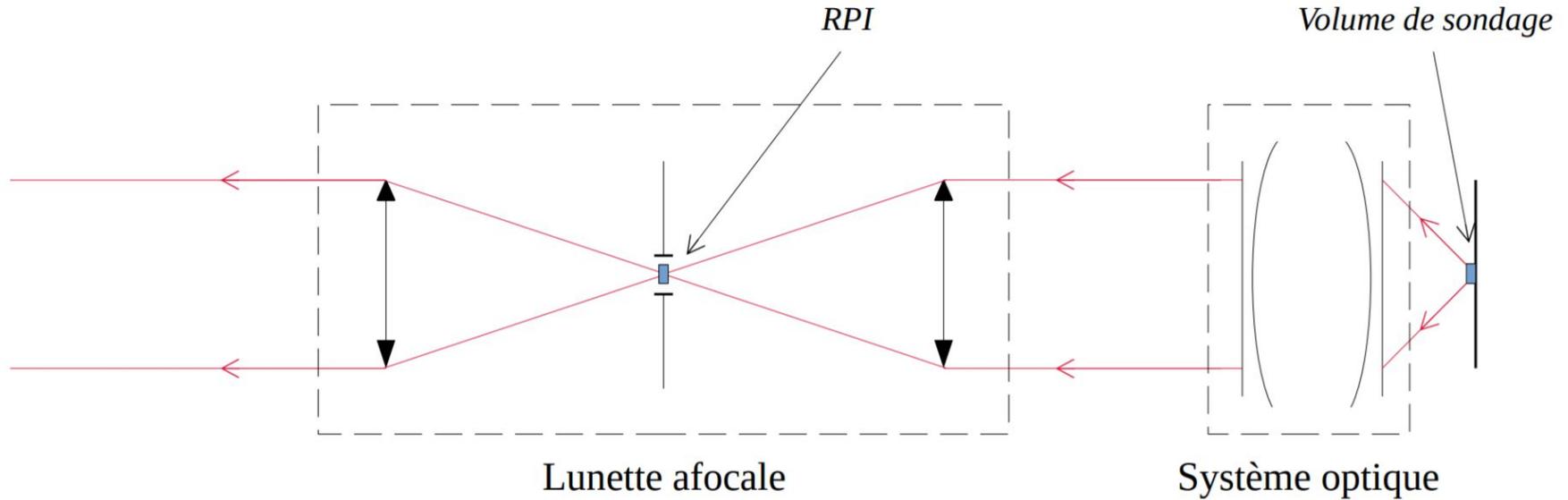
- Changer de claireau (200mm au lieu de 100) du système afocal.
- Utiliser un objectif plus ouvert (à plus petite focale).

# Microscopie Confocale



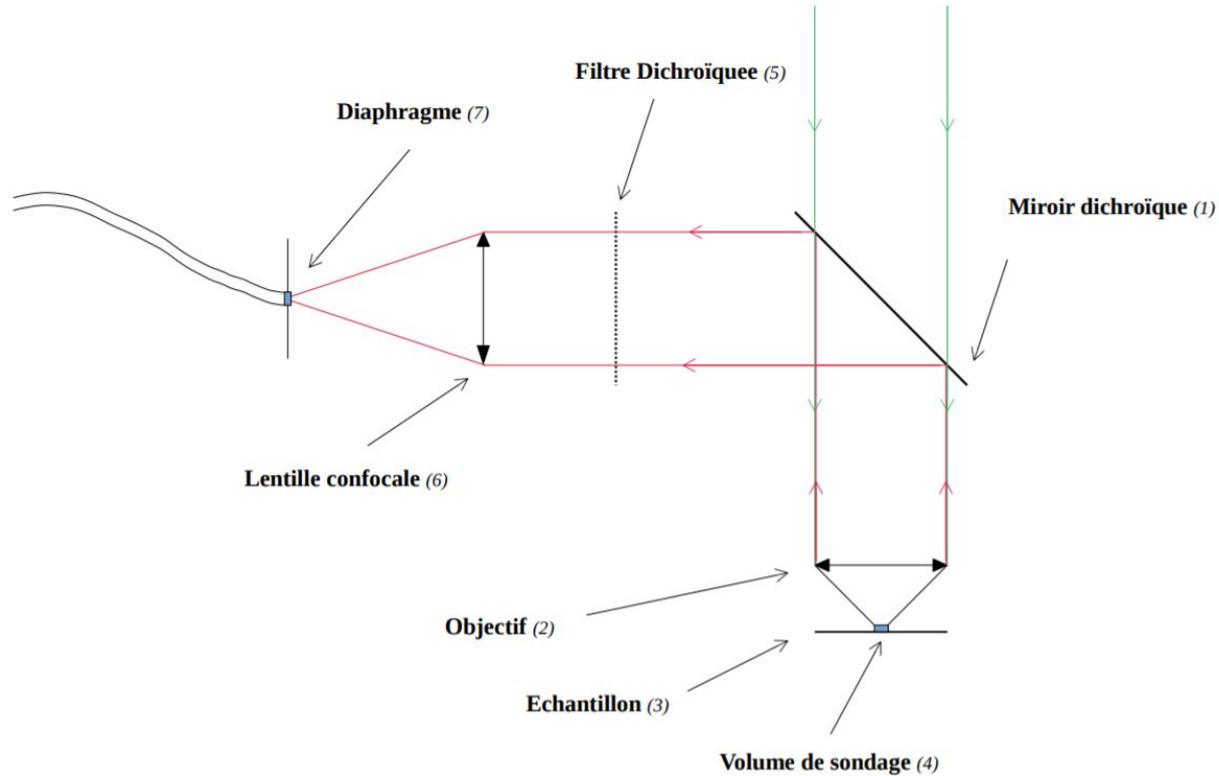
# Microscopie Confocale

---



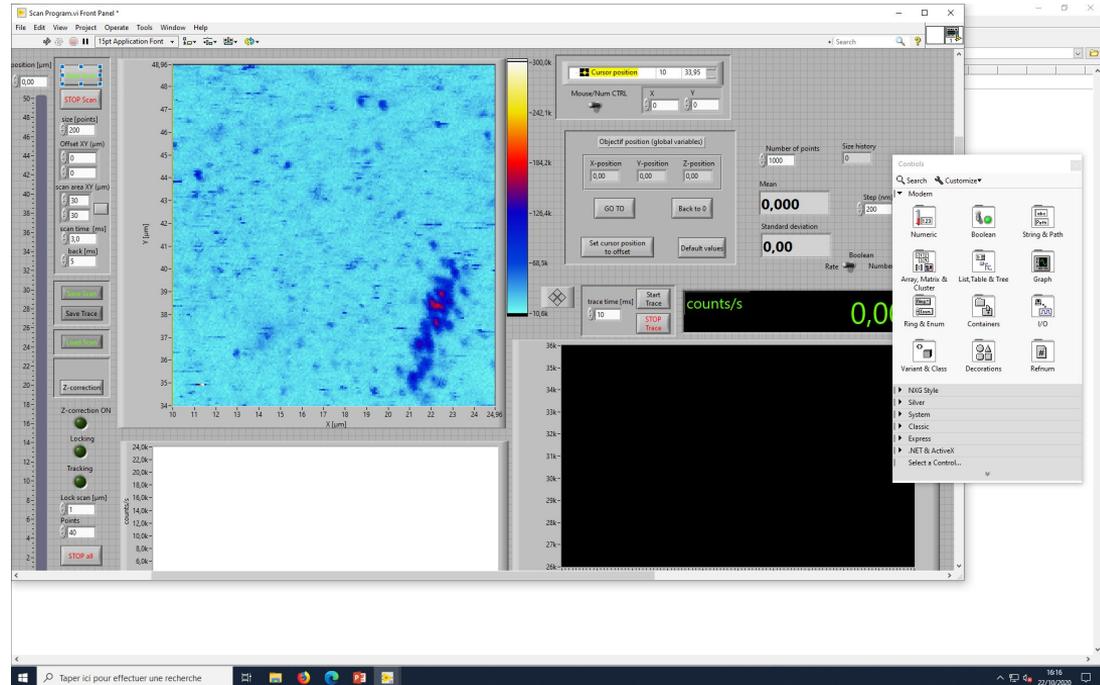
# Microscopie Confocale

---



# Moteurs

- Cales piézoélectriques (course de  $50\mu\text{m}$ ) + vis grossières de  $2\text{mm}$  de course à manipuler à la main
- Logiciel LabView



# Détection : *Positionnement du problème*

---

## **Principe :**

Un photon détecté à l'instant  $t$  est unique si à l'instant  $t + \tau$  aucun autre photon n'est détecté, avec  $\tau$  inférieur au temps de vie de l'état excité de l'atome l'émetteur.

## **Problème :**

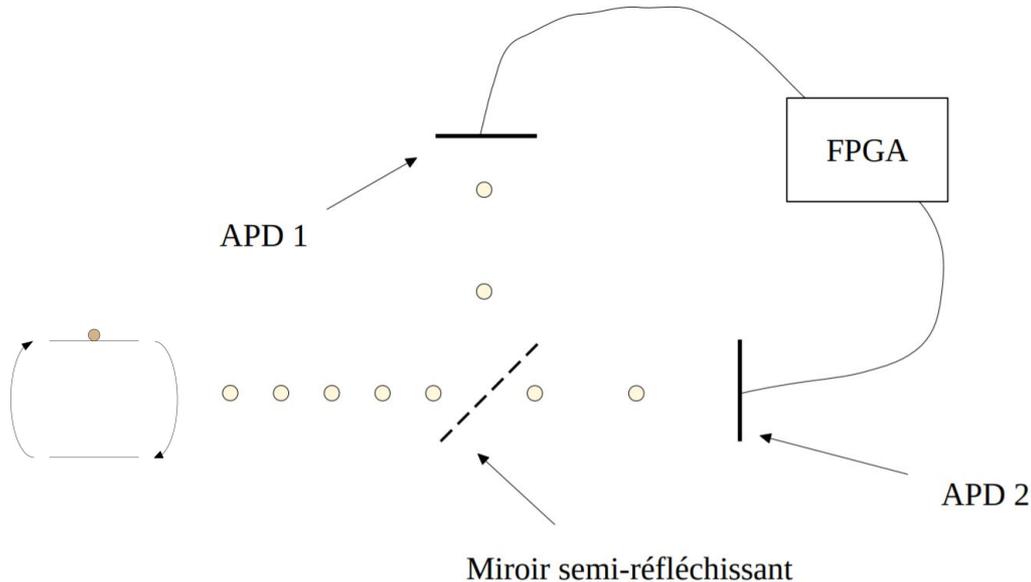
Temps de vie de l'état excité des centres NV :  $\sim 10\text{ns}$

Temps mort des photodiodes à avalanche :  $\sim 100\text{ns}$

## **Résolution :**

Utilisation de deux photodiodes à avalanche (APD) pour mesurer le temps  $\tau$  entre deux photons.

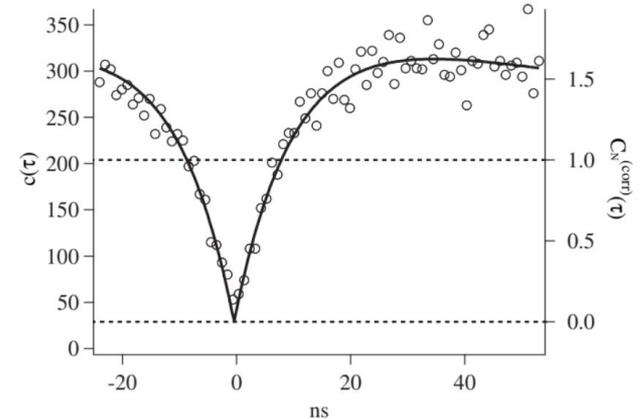
# Détection : *Cas de photons unique*



**APD 1** : reçoit un photon à  $t=t_0$

**APD 2** : reçoit un photon à  $t=t_0+\tau$

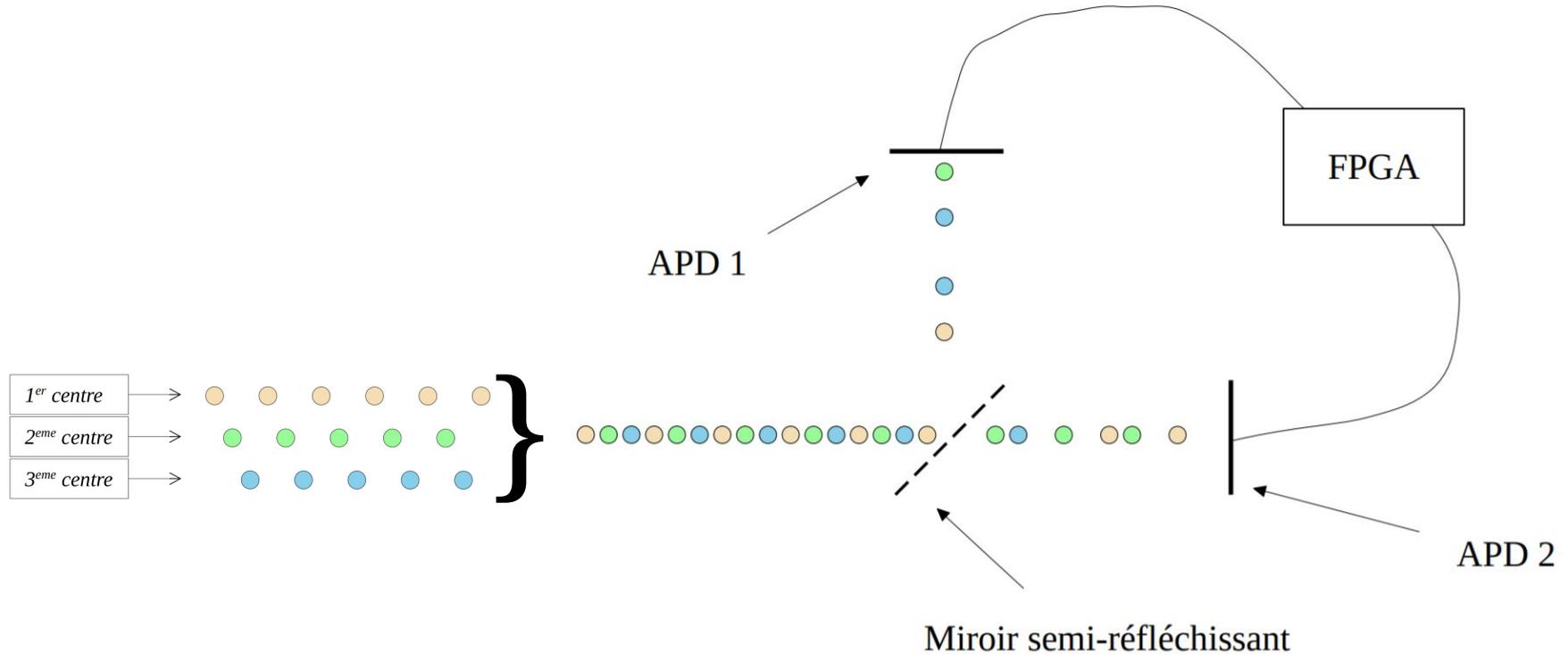
**Histogramme** : ajoute 1 à l'abscisse  $\tau$  de l'histogramme



**Source** : Dispositifs pour la cryptographie quantique.  
Rosa Tualle-Brouri

# Détection : *Cas de photons non uniques*

---



# Détection : *TP HOM*

---

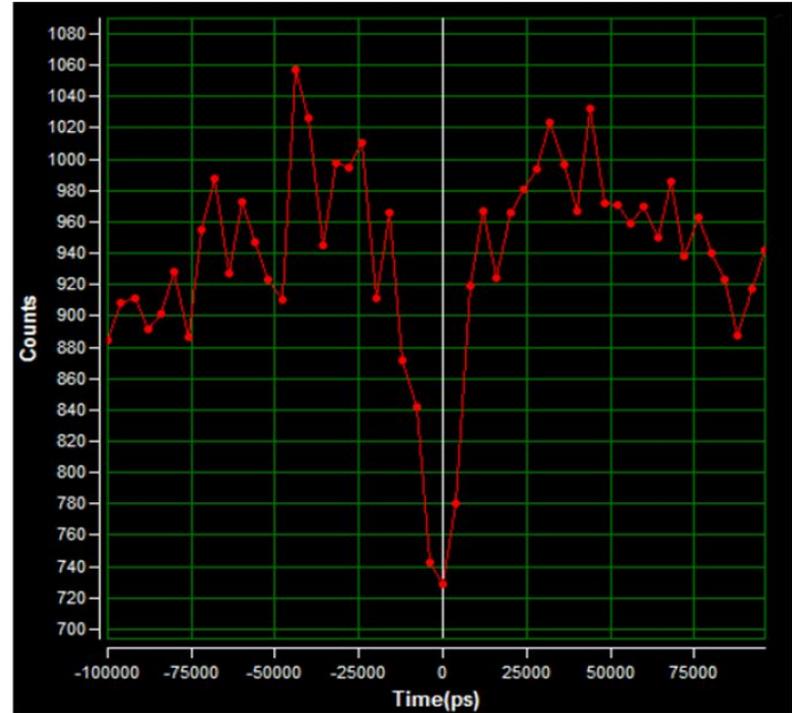
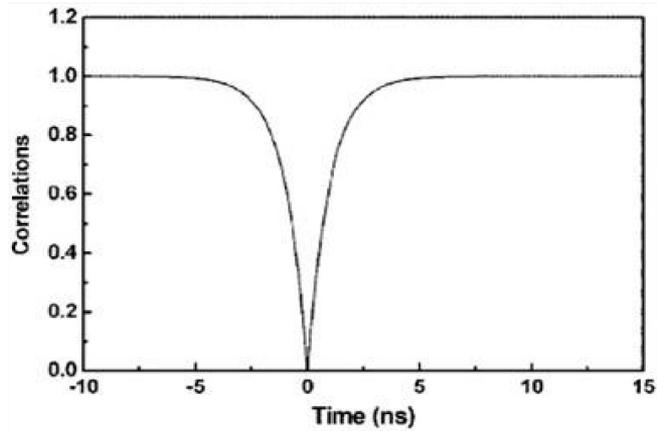
Prise en main du matériel : TP 3ème année HOM

- Prise en main des compteurs de photons
- Observation de l'effet HOM : émission de photons uniques/annulations de coïncidences par interférences quantiques.

# Détection : *Courbe d'autocorrélation*

---

$$g^{(2)}(\tau) = \frac{\langle \hat{N}(t)\hat{N}(t+\tau) \rangle}{\langle \hat{N}(t) \rangle^2}$$



# Planning

---

<u>Semaine 1bis (Julia)</u>	<u>Semaine 2 (décembre)</u>
Prise en main du logiciel LabView et compréhension du code déjà existant	Optimisation du couplage laser dans la fibre
Ecriture du nouveau code	Codage de la partie détection (à partir du code de la manipulation HOM)
Premiers tests avec les moteurs	Bibliographie APD + carte FPGA
	Achat d'une carte FPGA
	Codage de la partie asservissement des moteurs

*avec des réunions quotidiennes en fin de journée*

# Conclusion

---

- Important travail de bibliographie
- Premières manipulations (TP HOM, couplage dans la 1ère fibre)
- Grosse partie de programmation à venir :
  - moteurs : Ambre, Julia, Rafael
  - détection : Ayman, Bastien, Louis

Merci de votre attention

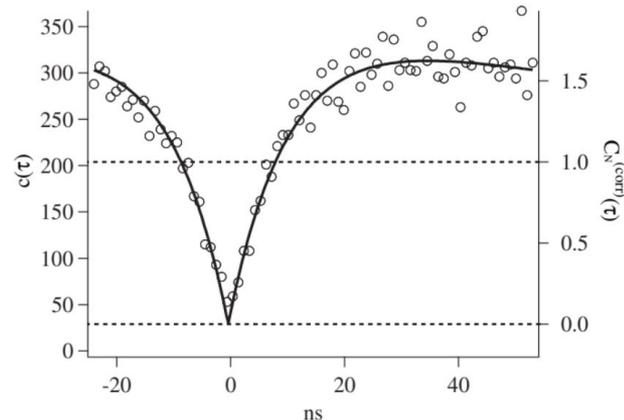
---

# Détection

---

Principe de détection :

- APD n°1 reçoit un photon → envoi d'un signal à APD n°2
- APD n°2 reçoit un photon
- $\tau$  : durée entre les deux réceptions
  
- mesure sur plusieurs heures  
→ tracé d'un histogramme  
→ phénomène de dégroupement de photon  
(photons uniques)



Source :  
*Dispositifs pour la  
cryptographie  
quantique, Rosa  
Tualle-Brouri*

# Détection

---

1ère approche : TP 3ème année HOM

- Prise en main des compteurs de photons
- Observation de l'effet HOM : annulations de coïncidences par interférences quantiques

Pour notre sujet

Matériel à disposition :

- 2 photodiodes à avalanche
- une carte FPGA
- Programme LabView du TP HOM