

*IRSAMC - LCAR - Équipe d'interférométrie*  
Stage M1 Physique

# Conception d'un dispositif d'imagerie d'un nuage d'atomes froids

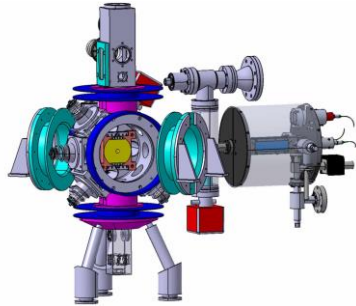
---

BRUNO DATO

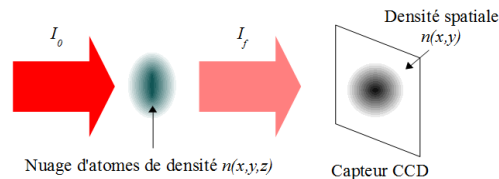
TUTEUR : ALEXANDRE GAUGUET

AVRIL-MAI 2015

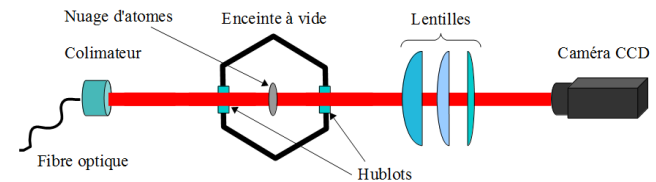
# Introduction



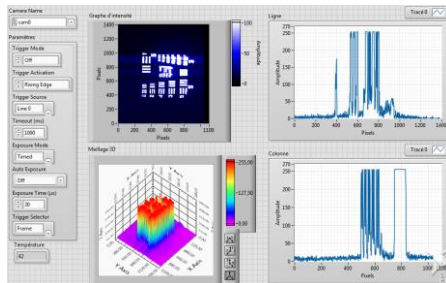
## 1. Interféromètre à atomes froids



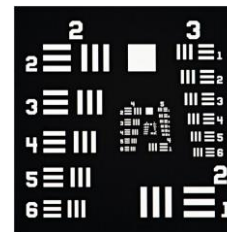
## 2. Imagerie par absorption



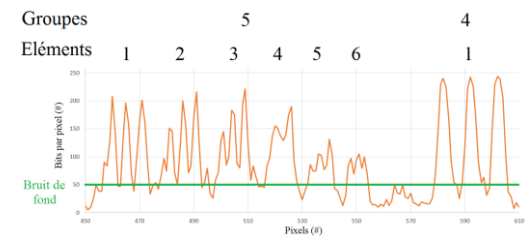
## 3. Conception d'un dispositif optique



## 4. Interface *LabVIEW* d'une caméra scientifique



## 5. Calibration de la caméra

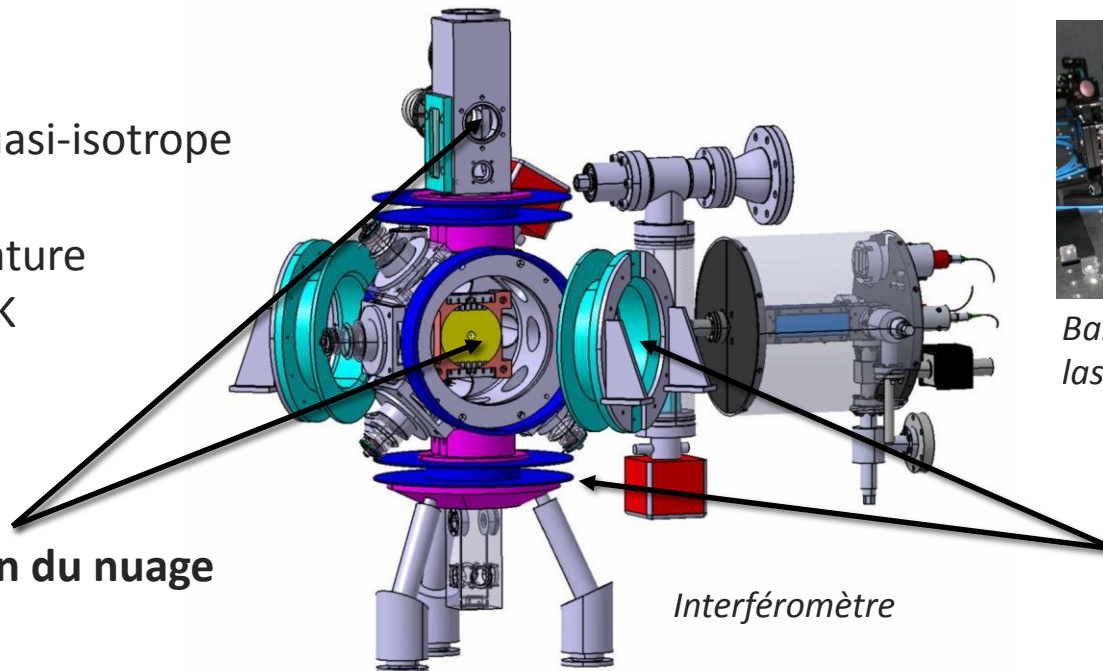


# 1. Interféromètre à atomes froids

## Condensats d'atomes très froids

- Piège quasi-isotrope  
~ 1 mm
- Température  
1 à 10  $\mu\text{K}$

Observation du nuage



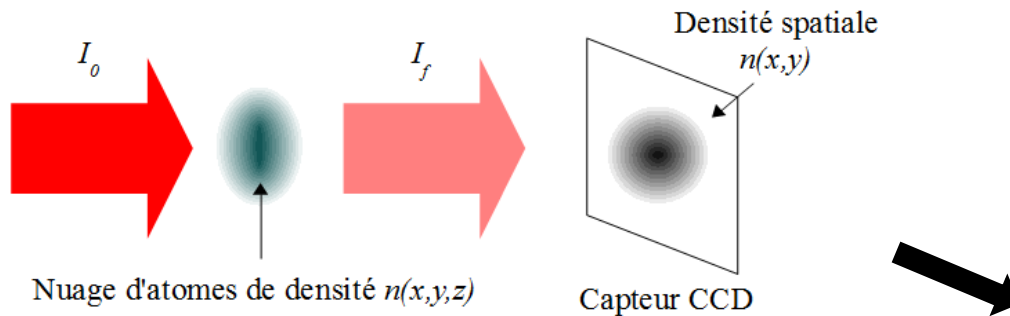
## Pièges optiques



*Banc optique, asservissement des lasers*

## Pièges magnétiques (bobines)

## 2. Imagerie par absorption



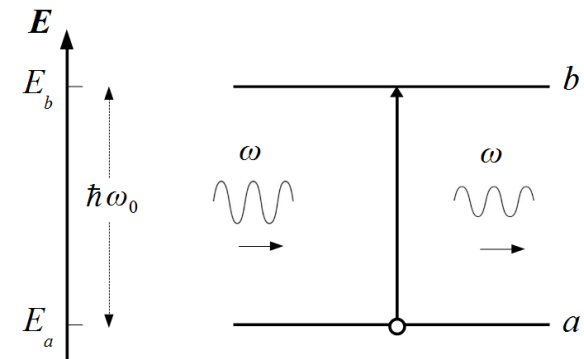
**Loi de Beer-Lambert**

$$\frac{dI}{dz} = -n\sigma I$$

$$I_0 \ll I_{sat} \quad \longrightarrow \quad n(x,y) = \frac{2\pi}{3\lambda^2} \frac{\Gamma^2 + 4\Delta^2}{\Gamma^2} \ln \frac{I_0(x,y)}{I_f(x,y)}$$

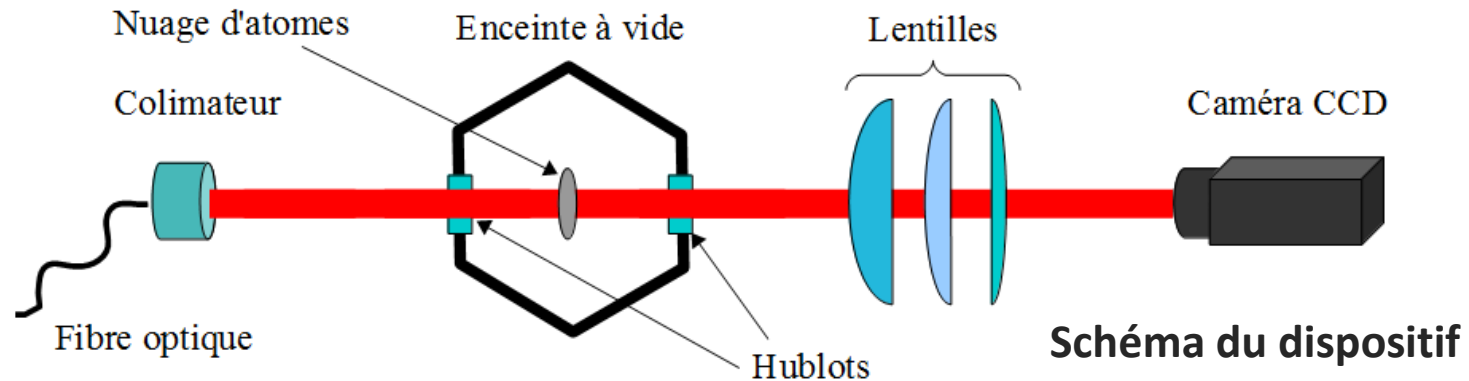
### Système à deux niveaux

$\sigma$  la section efficace d'absorption

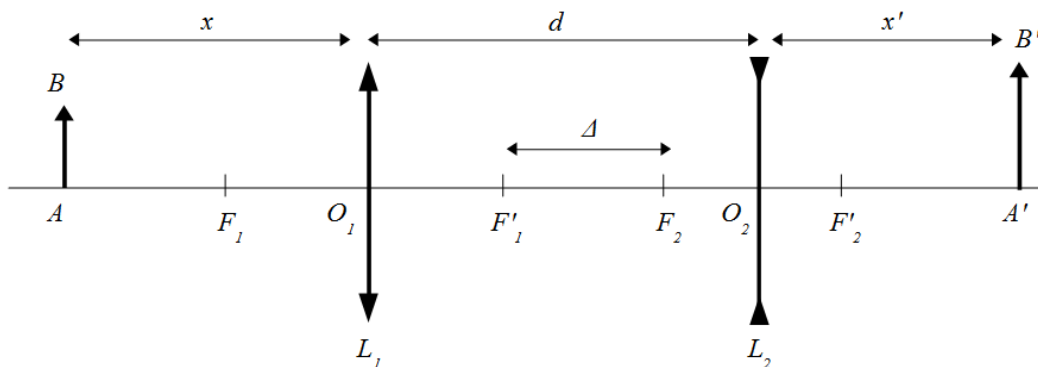


- $\Gamma = 2\pi \cdot 6,07$  MHz Largeur naturelle de la transition
- $\Delta = \omega - \omega_0$
- $\lambda$  la longueur d'onde du laser

# 3. Conception d'un dispositif optique

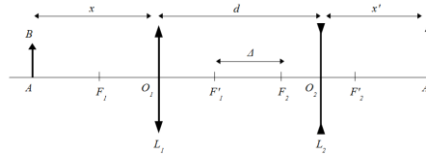


## Paire de lentilles simples

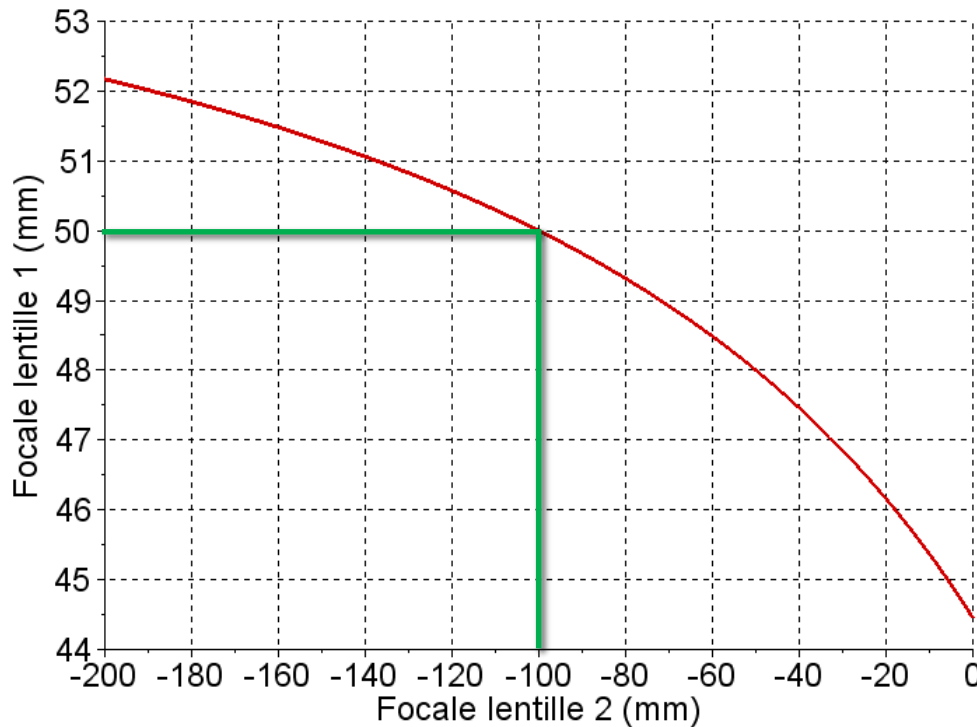


## Contraintes

- Taille de l'enceinte
- Dispositif compact
- Grossissement 2,5



# 3. Conception d'un dispositif optique



$$f_1' = \frac{x(d - f_2')}{(f_2' - d + x) - \frac{f_2'}{G}}$$

Dispositif retenu

$$\left\{ \begin{array}{l} \bullet f_1' = 50 \text{ mm} \\ \bullet f_2' = -100 \text{ mm} \\ \bullet d = 10 \text{ cm} \end{array} \right.$$

*Focale  $f_1'$  de la première lentille en fonction de la seconde  $f_2'$  en respectant les contraintes énoncées ci dessus*

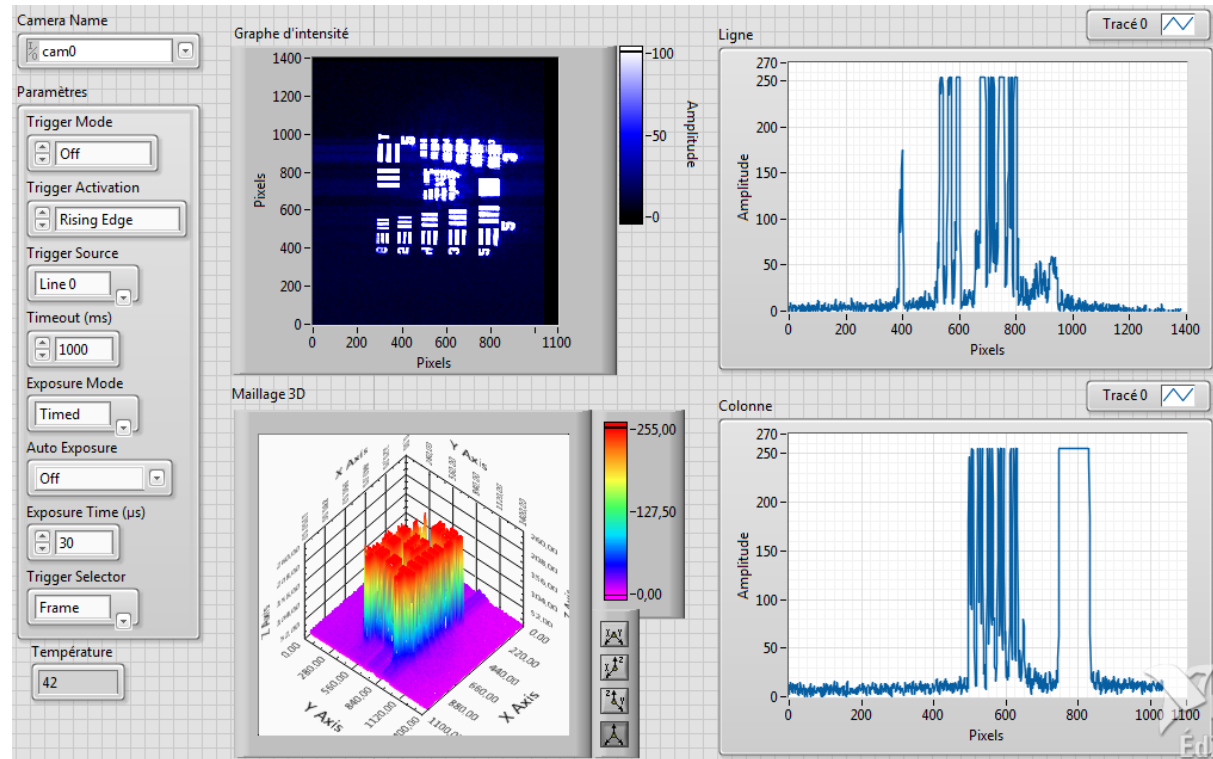


# 4. Interface *LabVIEW* d'une caméra scientifique

## Principe VI

- Configuration caméra
- Capture image
- Enregistrement et traitement des données

*Face avant du VI*



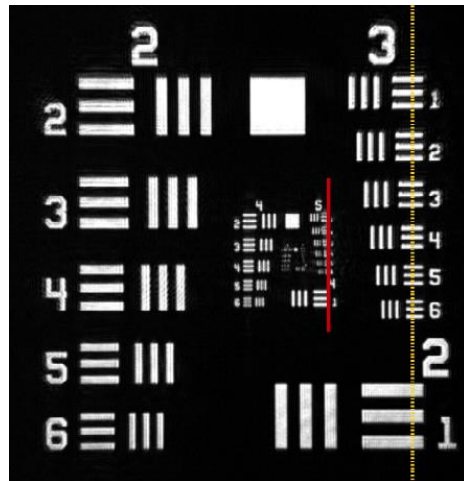
## Paramètres à configurer

- Déclenchement (Front montant ou descendant, source et attente)
- Exposition (type et durée)





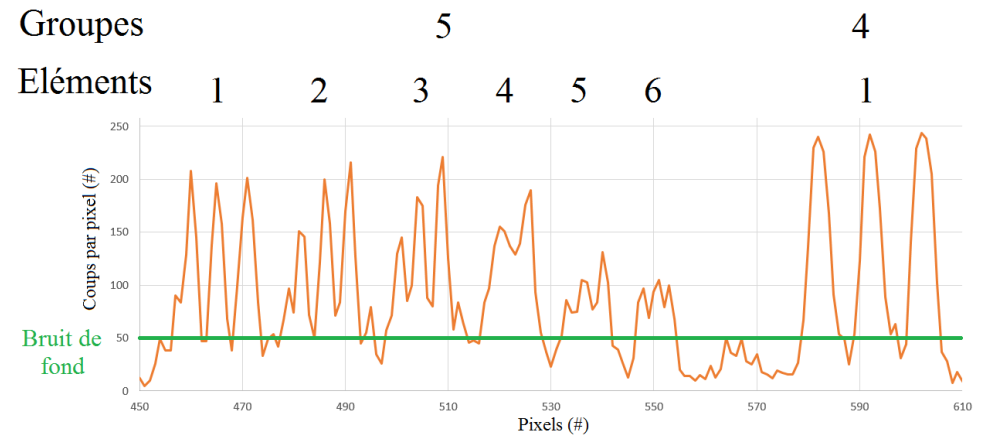
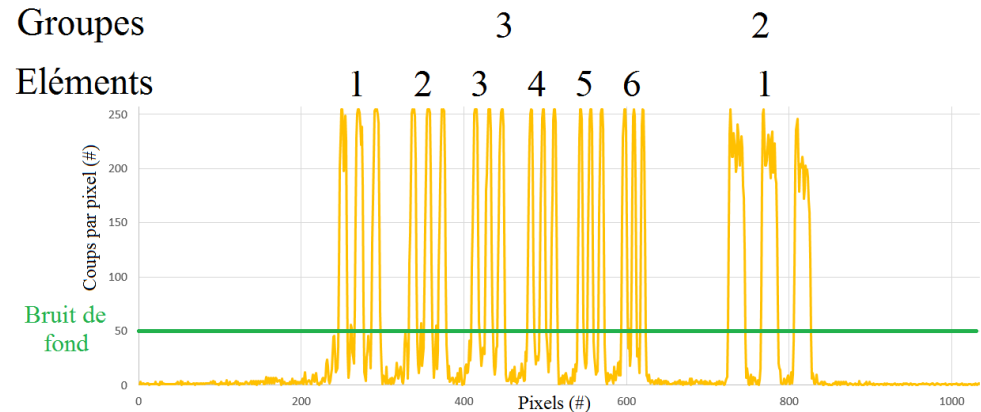
# 5. Calibration de la caméra



*Image d'une cible*

**Résolution expérimentale**  
 $31,25 \mu m$

**Résolution théorique**  
 $6,45 \mu m$  (taille pixel)

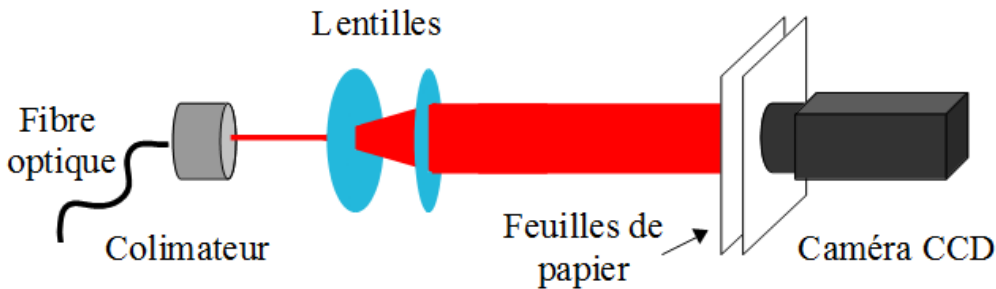


*Moyennes de coupes verticales de l'image en fonction de la position en pixels*



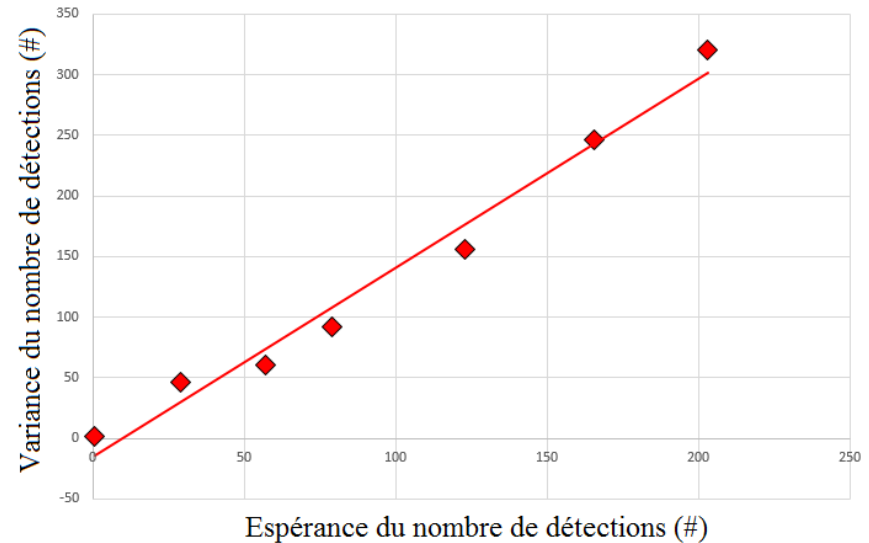


# 5. Calibration de la caméra



**Schéma du dispositif de mesure**

*Espérance  $E(Y)$  du nombre de détections  $Y$  en fonction de la variance  $Var(Y)$  du nombre de détection pour plusieurs puissances lumineuses*



**Gain expérimental**

1,6 dét/e<sup>-</sup>

**Résolution théorique**

0,28 dét/e<sup>-</sup>

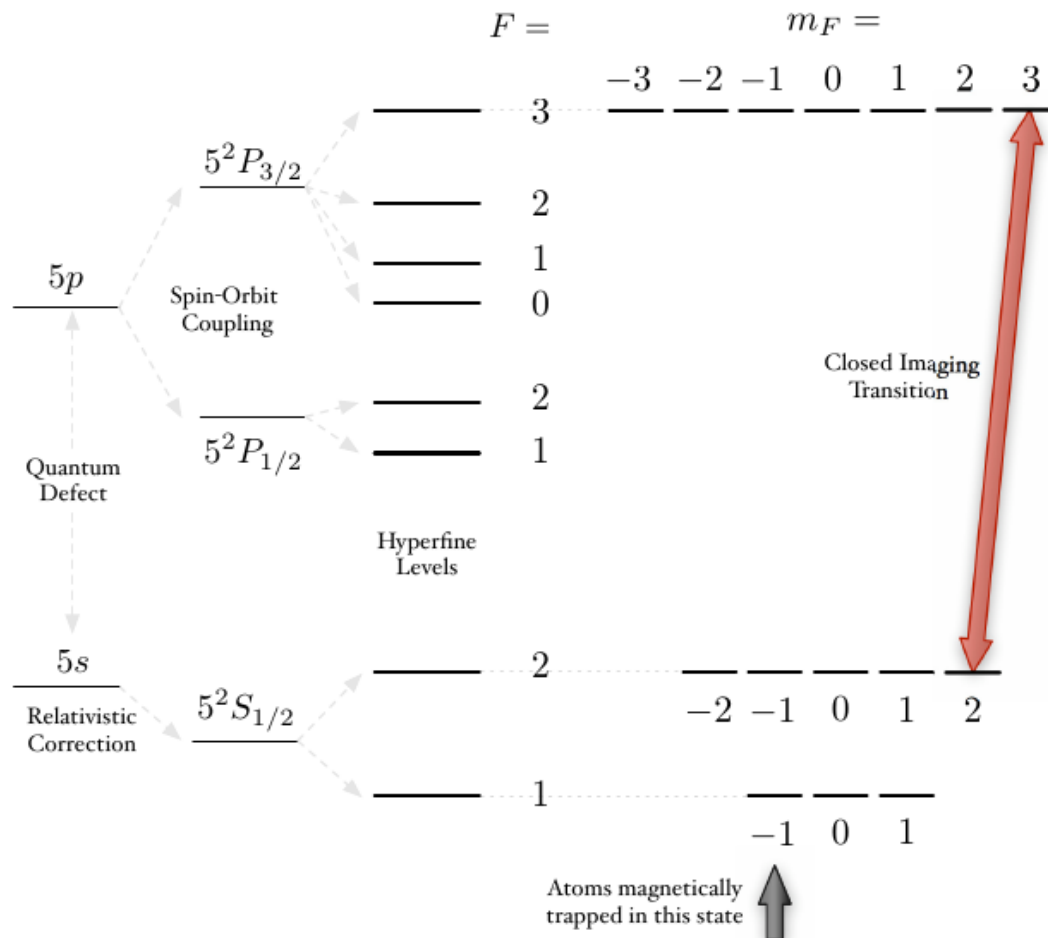
- $s$  le gain
- $c$  une erreur systématique

# Conclusion

---

- **Interface LabVIEW fonctionnelle**
- **Dispositif optique → Aberrations optiques et profondeur de champ**
- **Calibration → tests supplémentaires**
- **Etude du bruit de détection et résolution sur un nuage d'atomes**

# Niveau hyperfins $^{87}\text{Rb}$



## Transition fermée

- Règles de sélection :  $\Delta m_F = 0, \pm 1$
- Polarisation  $\sigma+$
- Conservation moment cinétique  $\rightarrow \Delta m_F = +1$