

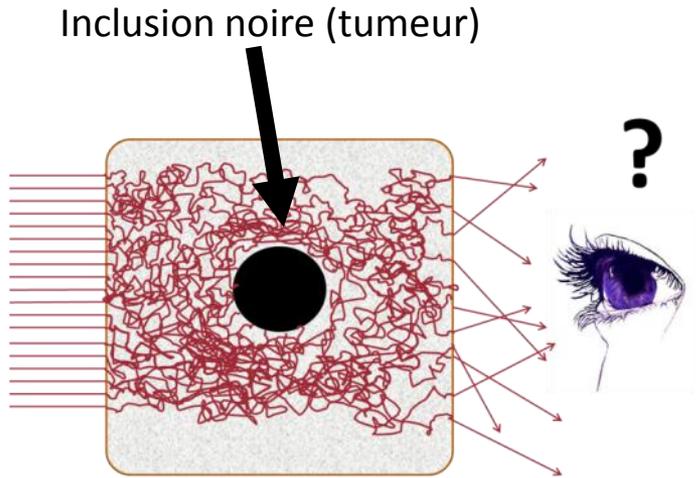
# Trous spectraux profonds et persistants dans Tm:YSO : un filtre pour l'imagerie acousto-optique

Anne Louchet-Chauvet, Caroline Venet, François Ramaz



Institut **Langevin**  
ONDES ET IMAGES

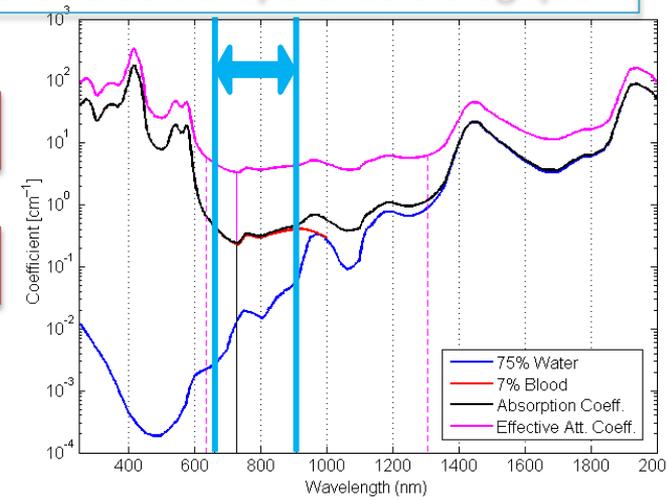
# Comment « voir » dans les tissus?



Absorption

Multidiffusion

Fenêtre de transparence biologique

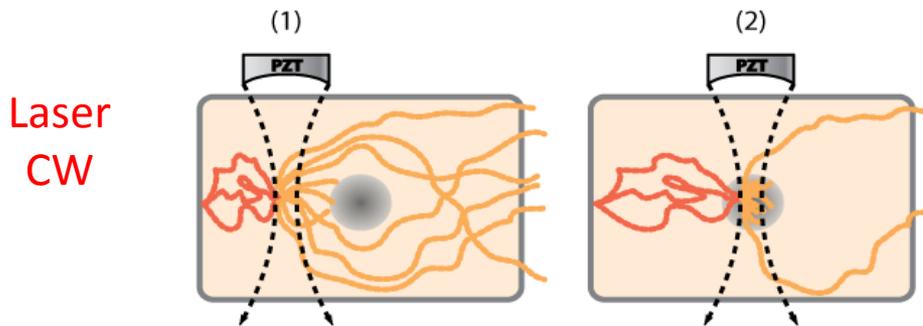


Optique	Acoustique
<p><b>Contraste optique =</b> information recherchée</p>	<p>Milieu élastiquement homogène  <b>→ Les ultrasons se propagent ballistiquement</b></p>

# Imagerie acousto-optique (Ultrasound-modulated Optical Tomography)

Pulse  
ultrasonore

Coexistence lumière–ultrasons



→ Effet acousto-optique

= création de **Photons marqués**  
(décalage fréquence =  $f_{US}$ )

- ✓ **Contraste optique**
- ✓ **Résolution spatiale des US (1mm)**

- ✗ Lumière diffusée → figure de speckle
- ✗ Fréquence très proche de la porteuse (qq MHz  $\approx 10^{-6}$  nm)
- ✗ En faible nombre:  $\frac{\text{photons marqués}}{\text{tous photons}} \sim 10^{-4} - 10^{-6}$

→ Comment détecter / filtrer ces photons marqués ? ←

# Imagerie acousto-optique

## Comment détecter les photons marqués?

### Techniques interférométriques

- Holographie numérique

M. Gross *et al.*, *Opt. Lett.* 2003

E. Benoit *et al.*, *Opt. Lett.* 2003

- Sensibles aux  
décorrélations du  
speckle (in-vivo)

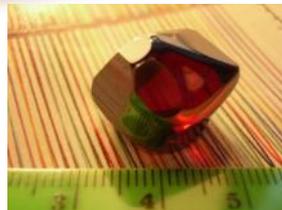
B. Jaye

- Crystallin

BSO : L.Sui *et al.*, *Appl. Opt.* 2005

GaAs : F. Ramaz *et al.*, *Opt. Exp.* 2004

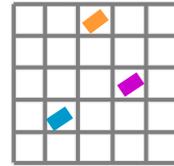
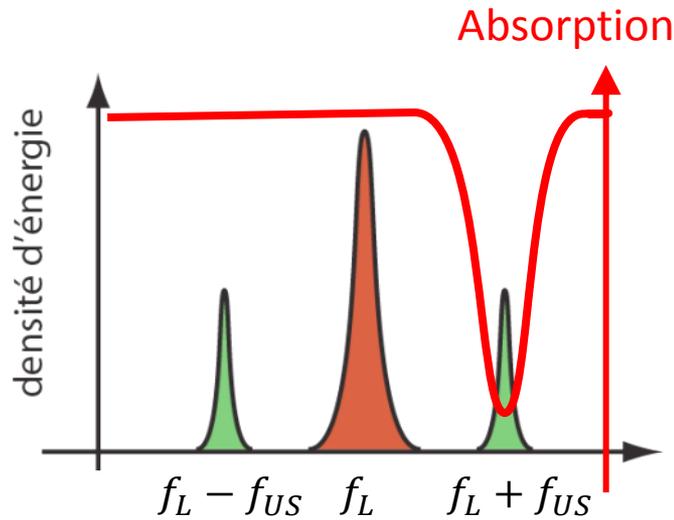
SPS : S. Farahi *et al.*, *Opt. Lett.* 2010



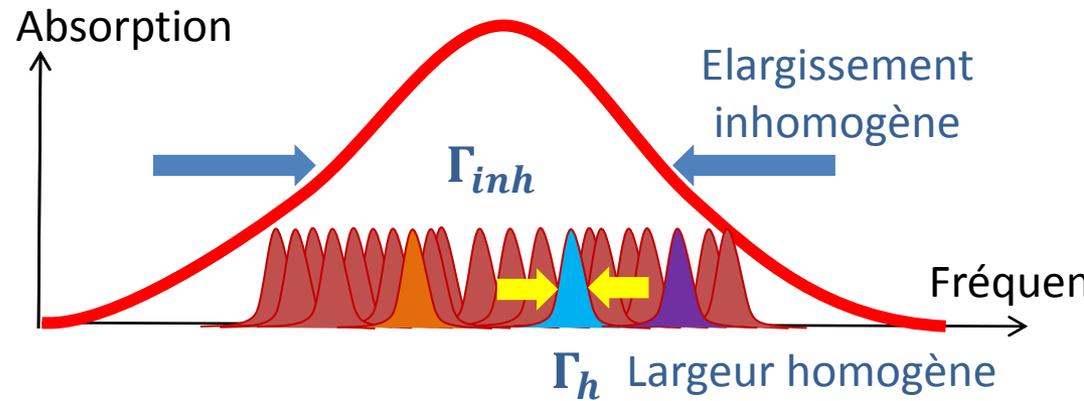
$\text{Sn}_2\text{P}_2\text{S}_6$

Technique incohérente ?

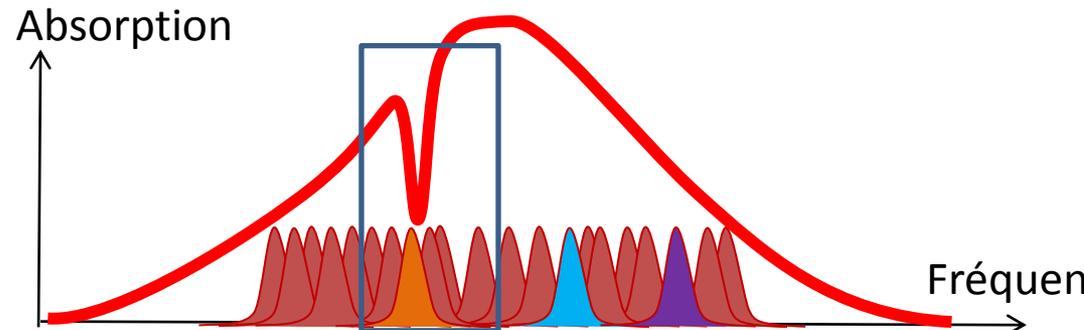
# Filtrage passe-bande



Cristal dopé aux ions de terre rare



**Creusement spectral  
(Spectral Hole-Burning)**



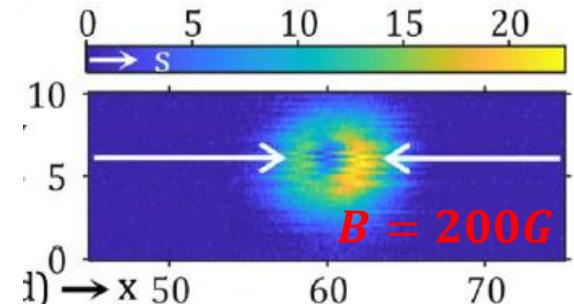
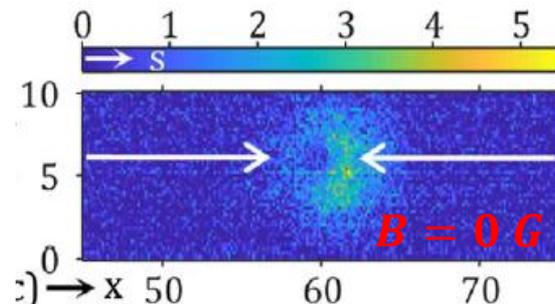
# Imagerie AO en milieu diffusant avec un filtre spectral

	Cristal	Longueur d'onde	Durée de vie du trou
Li et al., Appl. Phys. Lett. (2008)	Tm: YAG	793 nm	10 ms

Intérêt d'un trou persistant ( $> 1s$ ):

- moins de puissance pour le créer et l'entretenir
- plus de temps pour l'imagerie

Image dans un gel diffusant, filtré avec un cristal de Tm:YAG



C. Venet et al., Opt. Lett. 43, 3993 (2018)

# Quel cristal dopé terre rare ?

## Tm: YAG

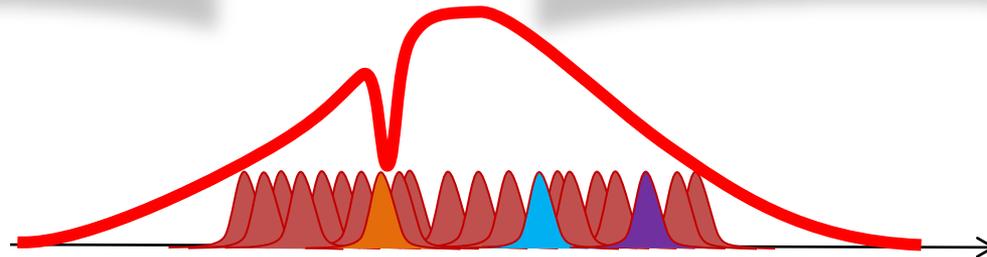
Longueur d'onde : 793nm  
Largeur de raie : 10kHz  
Absorption : 16/cm/%  
Largeur inhomogène : 20GHz  
Durée de vie des trous: 10 ms/30 s

Très bien connu pour les  
protocoles de mémoires  
quantiques

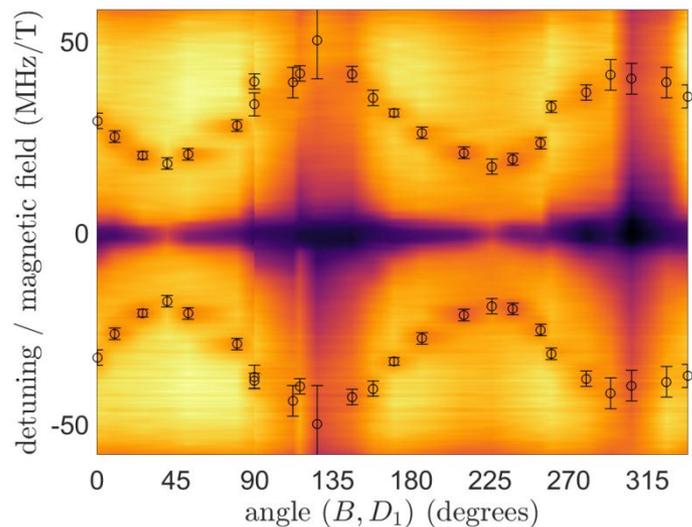
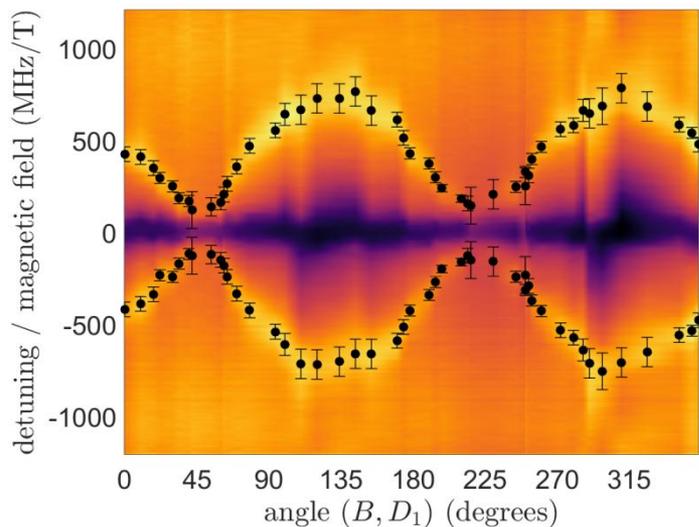
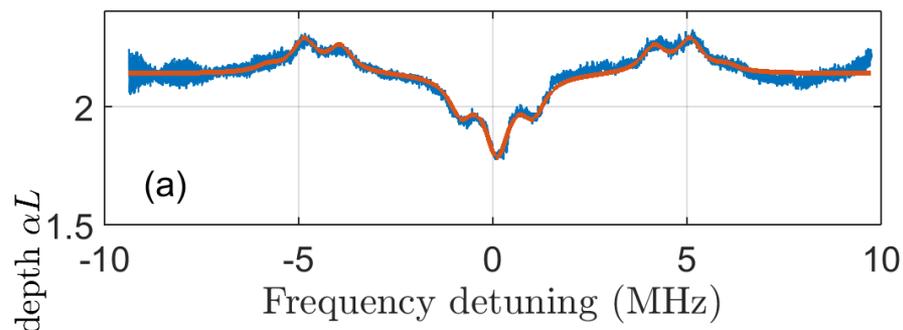
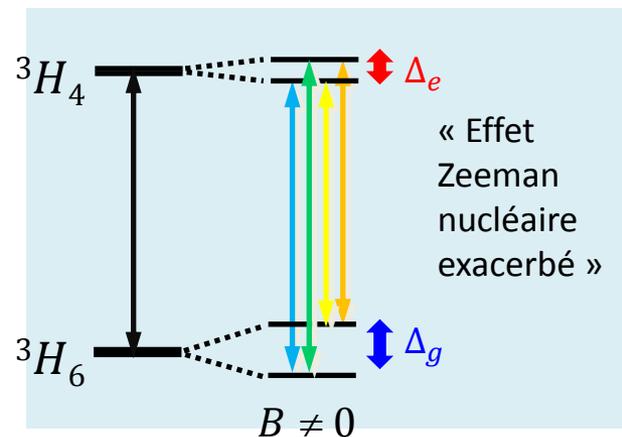
## Tm: YSO

Longueur d'onde : 791nm  
Largeur de raie : 700kHz  
Absorption : 110/cm/%  
Largeur inhomogène : 2,5GHz  
Durée de vie des trous: 740  $\mu$ s/?

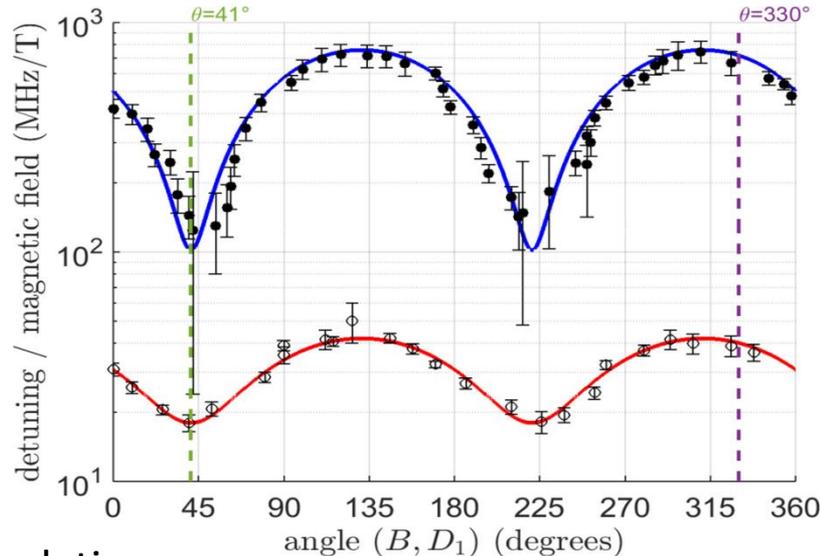
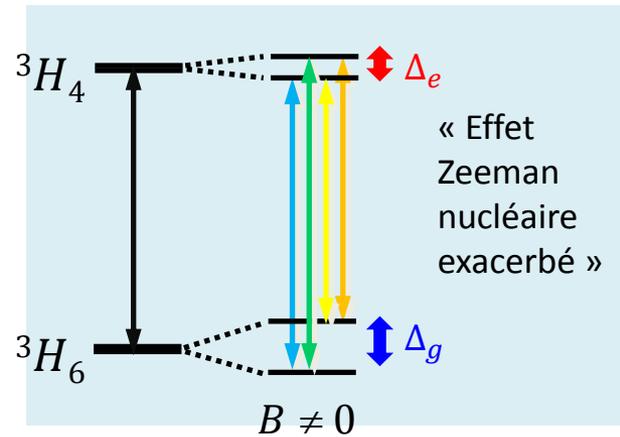
Inadapté aux  
mémoires quantiques  
→ A l'abandon depuis 1995



# Spectroscopie Tm:YSO sous champ magnétique

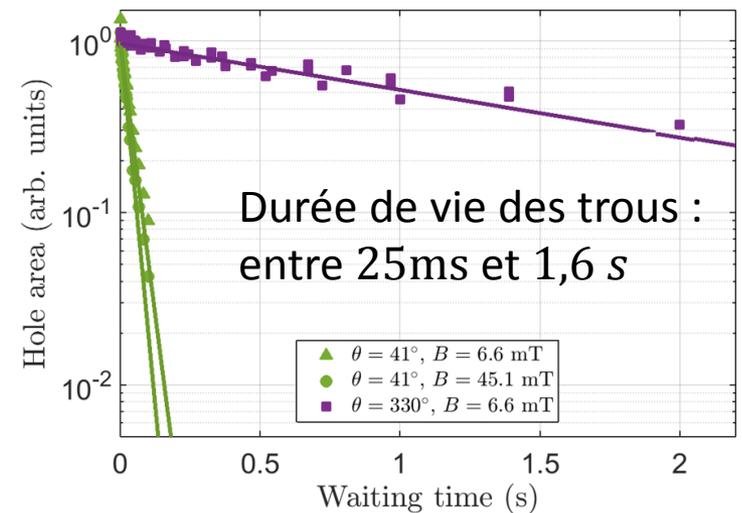
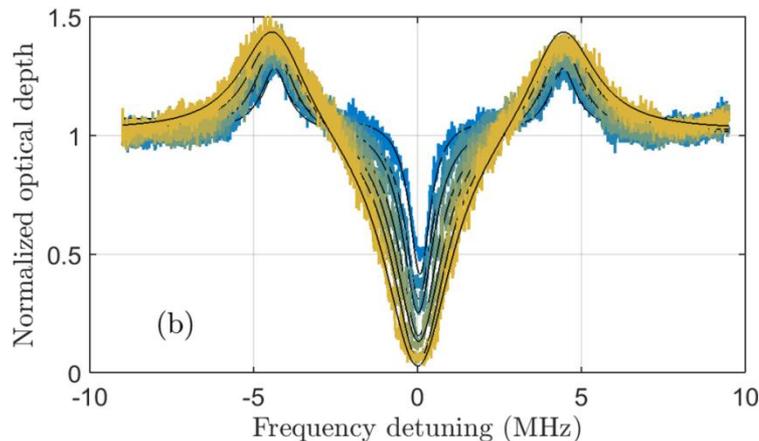


# Spectroscopie Tm:YSO sous champ magnétique



Mesure des éclatements Zeeman

Trous profonds creusés par accumulation :  
> 90% de transmission

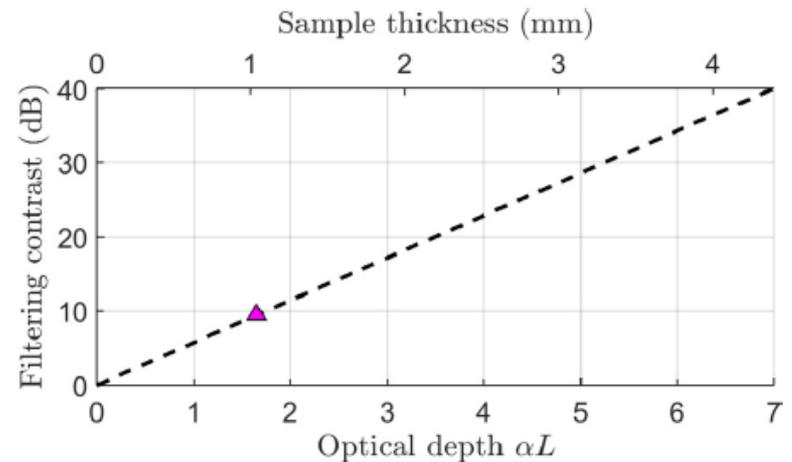


# Conclusion

Le Tm:YSO présente des qualités certaines pour l'imagerie AO en milieu diffusant (largeur de raie inhomogène, absorption, largeur de trous, longueur d'onde, durée de vie des trous)

Matériau prometteur pour l'imagerie avec une grande dynamique de filtrage

C. Venet *et al.*, Phys. Rev. B 99, 115102 (2019)



# Remerciements



Caroline Venet  
François Ramaz  
Maimouna Bocoum  
Thierry Chanelière  
Jean-Louis Le Gouët

