

# Amélioration de la qualité de l'image enregistrée holographiquement par l'excitation à deux couleurs

---

A. Yavrian, K. Asatryan, T. Galstian et M. Piché

*Centre d'optique photonique et laser, Département de physique,  
de génie physique et optique,  
Université Laval, Québec, Québec, G1K 7P4*

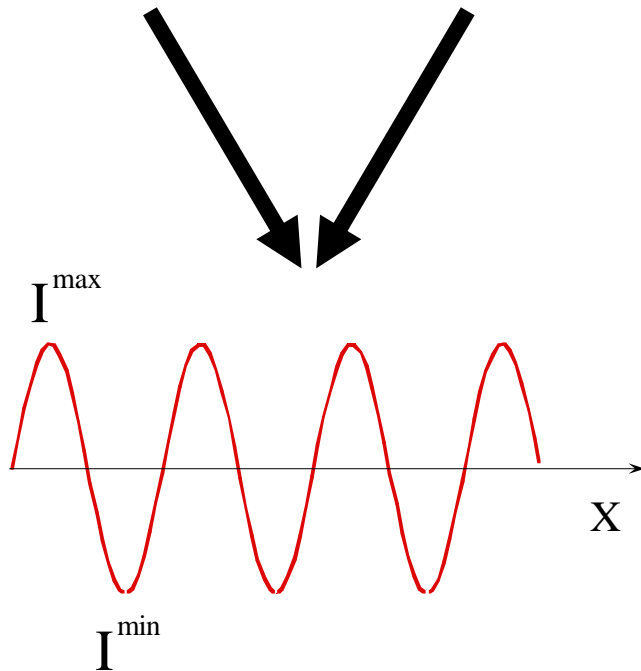


# Introduction

---

Les polymères dopés avec des colorants azoïques sont des matériaux très prometteurs pour l'enregistrement holographique réversible ainsi que pour le traitement holographique des images en temps réel. Pour ces applications, il est important de produire des hologrammes ayant une grande efficacité de diffraction et un grand rapport signal sur bruit (SNR). Cependant, dans ces matériaux, la très petite valeur de l'intensité de saturation limite significativement la possibilité d'obtenir de grandes valeurs d'efficacité de diffraction et de rapport signal sur bruit. Par conséquent, la qualité et le contraste de l'image enregistrée sont très inférieurs par rapport à ceux requis pour de telles applications. Dans ce projet, nous avons démontré la possibilité d'augmenter l'intensité de saturation en utilisant l'excitation simultanée des rayonnements de deux faisceaux laser ayant différentes fréquences. Cette excitation à deux couleurs nous permet d'enregistrer des hologrammes ayant une grande efficacité de diffraction et un grand SNR et par là d'améliorer significativement la qualité et le contraste de l'image enregistrée holographiquement.

# Holographie à une couleur



**Figure 1:** Figure d'interférence

La superposition des deux faisceaux provenant d'un seul laser donne une figure d'interférence décrite comme

$$I(x) = I_{\text{IN}}(1 + V \cos(2\pi x / \Lambda)),$$

où  $I_{\text{IN}}$  est l'intensité totale,  $V$  est la visibilité de franges définie comme,

$$V = (I_{\max} - I_{\min}) / (I_{\max} + I_{\min}),$$

où  $I_{\max}$  et  $I_{\min}$  les intensités au maximum et au minimum de la figure d'interférence dont la période est  $\Lambda$ .  $I(x)$  module l'indice de réfraction d'un matériau photosensible et par conséquent un réseau de période  $\Lambda$  est inscrit.

# Holographie à une couleur (suite)

---

Les mécanismes d'inscription du réseau dans les polymères dopés avec colorant azoïque (PDCA) reposent sur des photoisomérisations trans-cis. La lumière dont la longueur d'onde est dans la bande d'absorption du film initie la conversion trans-cis et la réorientation des molécules azoïques. Par conséquent l'indice de réfraction et l'absorption changent.

Dépendamment de  $I_{IN}$  on peut définir deux régimes d'écriture du réseau:

- Régime de faible intensité

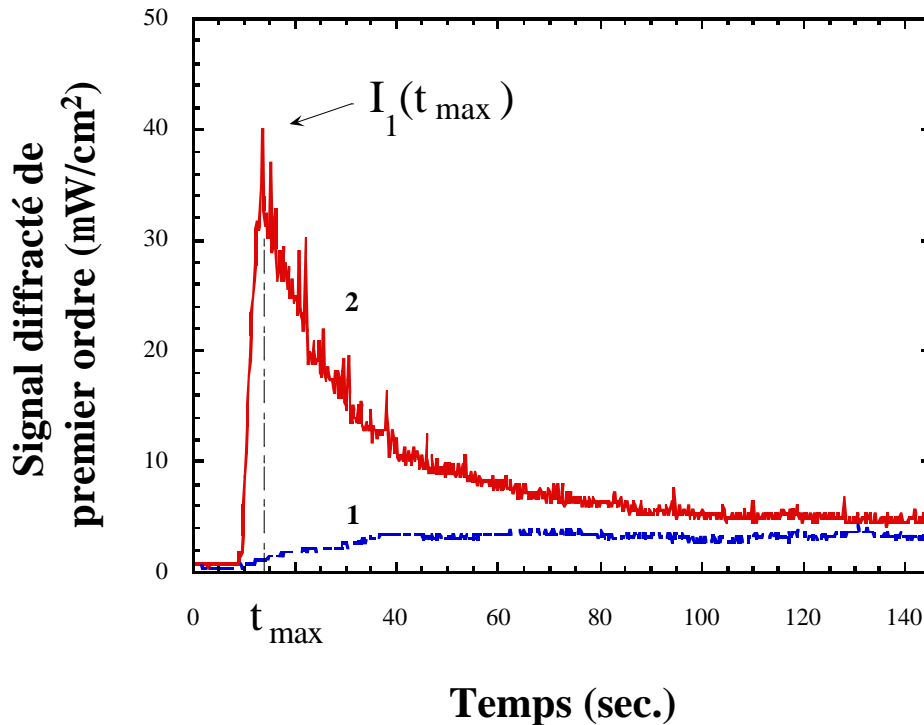
$$I_{IN} < I_{Sat}$$

- Régime de forte intensité

$$I_{IN} > I_{Sat},$$

où  $I_{Sat}$  est l'intensité de saturation de la photoisomérisation trans-cis.

# La dynamique de l'auto-diffraction



Dans le régime de faible intensité  $I_{\text{IN}} < I_{\text{Sat}}$  le signal diffracté  $I_1$  avec le temps augmente de façon monotone.

Par contre dans le régime de forte intensité  $I_{\text{IN}} > I_{\text{Sat}}$  un comportement non monotone est observé.

**Figure 2:** La dynamique de l'auto-diffraction correspondant aux régimes de faible (courbe 1) et forte intensité (courbe 2).

# Auto-diffraction: dépendance de $I_{IN}$

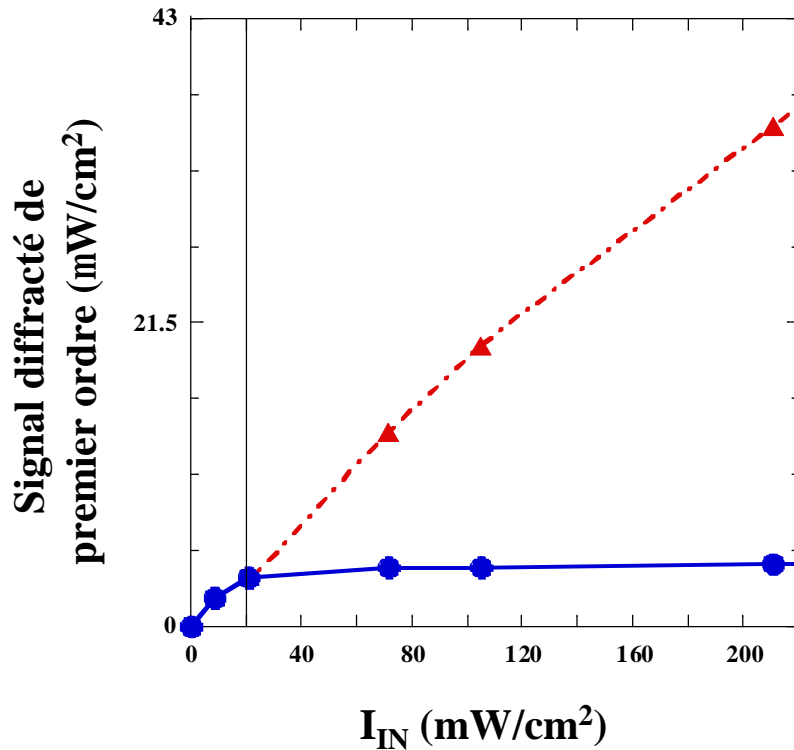


Figure 3: Le signal diffracté de premier ordre  $I_1$  détecté aux moments  $t \rightarrow \infty$  (cercles) et  $t = t_{max}$  (triangles).

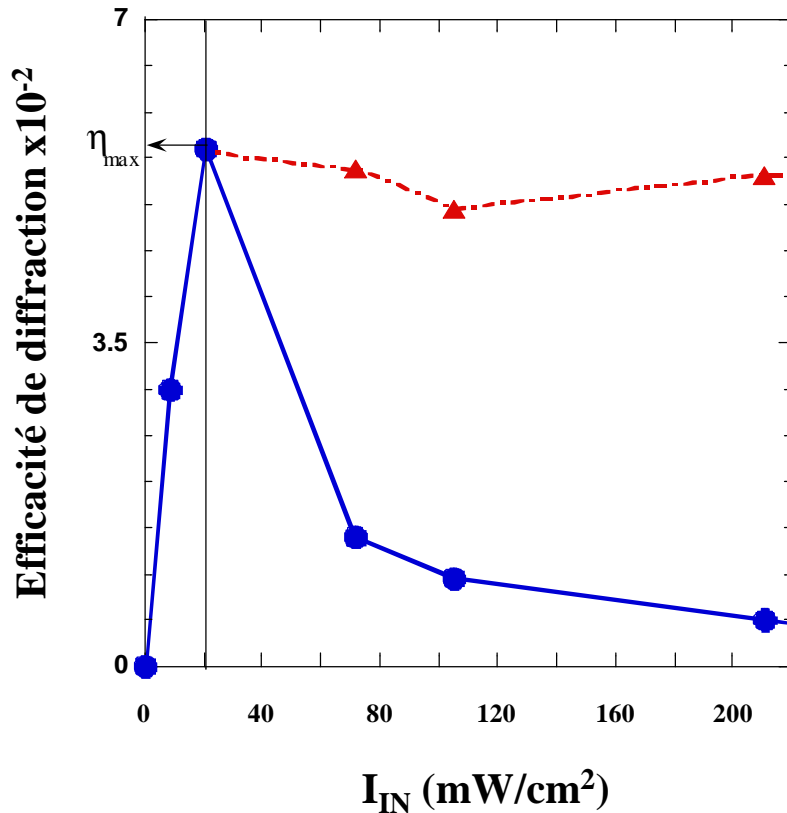
Pour  $I_{IN} < I_{Sat}$  la valeur stabilisée  $I_1(t \rightarrow \infty)$  augmente significativement avec l'augmentation de  $I_{IN}$ .

Pour  $I_{IN} > I_{Sat}$  la valeur stabilisée  $I_1(t \rightarrow \infty)$  n'augmente plus avec l'augmentation de  $I_{IN}$ . Mais par contre  $I_1(t_{max})$  s'accroît linéairement avec l'augmentation de  $I_{IN}$ .

On veut que

$$I_1(t \rightarrow \infty) \rightarrow I_1(t_{max})$$

# L'efficacité de diffraction h



Pour  $I_{IN} < I_{Sat}$  la valeur stabilisée  $\eta(t \rightarrow \infty)$  augmente avec l'augmentation de  $I_{IN}$  et atteint la valeur maximale  $\eta_{max}$  pour  $I_{IN} = I_{Sat}$ .

Pour  $I_{IN} > I_{Sat}$  la valeur stabilisée  $\eta(t \rightarrow \infty)$  diminue avec l'augmentation de  $I_{IN}$ . Par contre la valeur  $\eta(t_{max})$  presque toujours est égale à  $\eta_{max}$ .

Figure 4: Le signal diffracté de premier ordre  $I_1$  détecté aux moments  $t \rightarrow \infty$  (cercles) et  $t = t_{max}$  (triangles).

# Le profil d'indice de réfraction

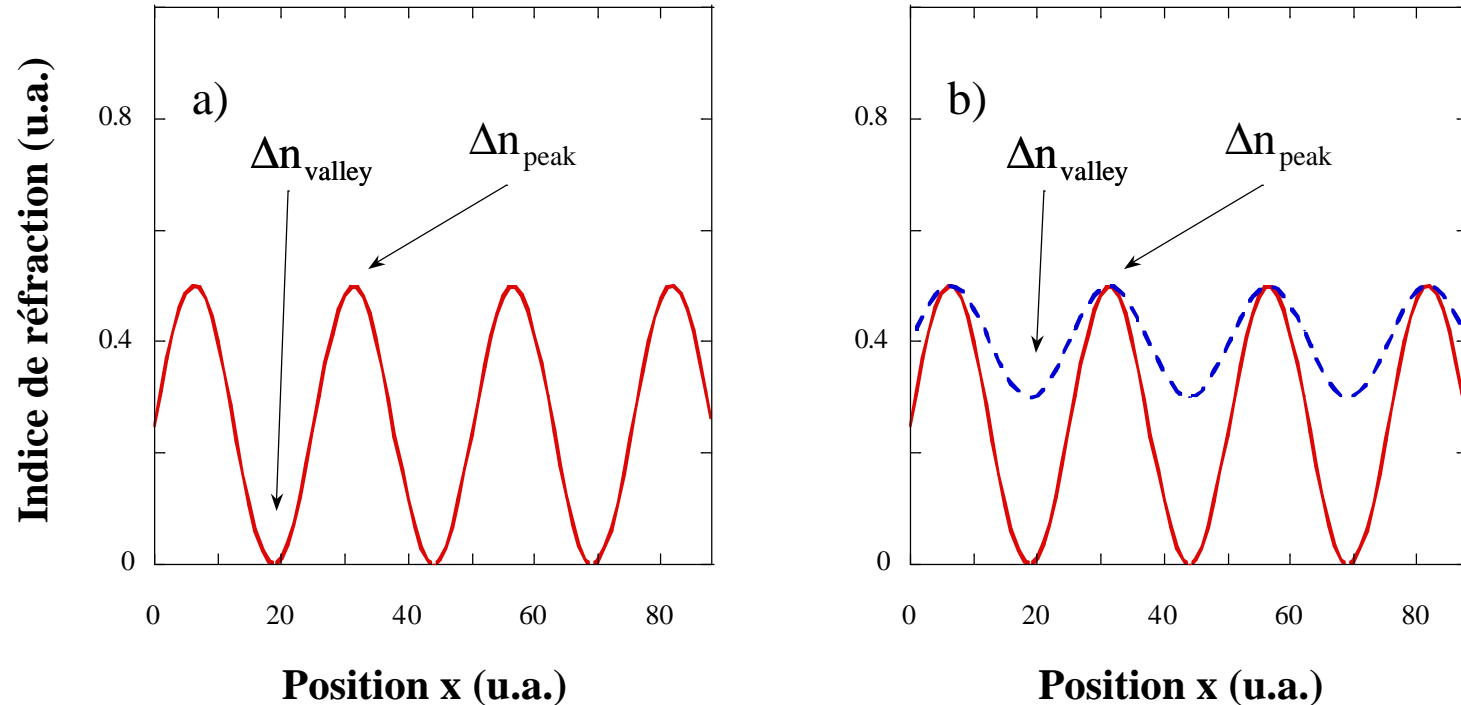
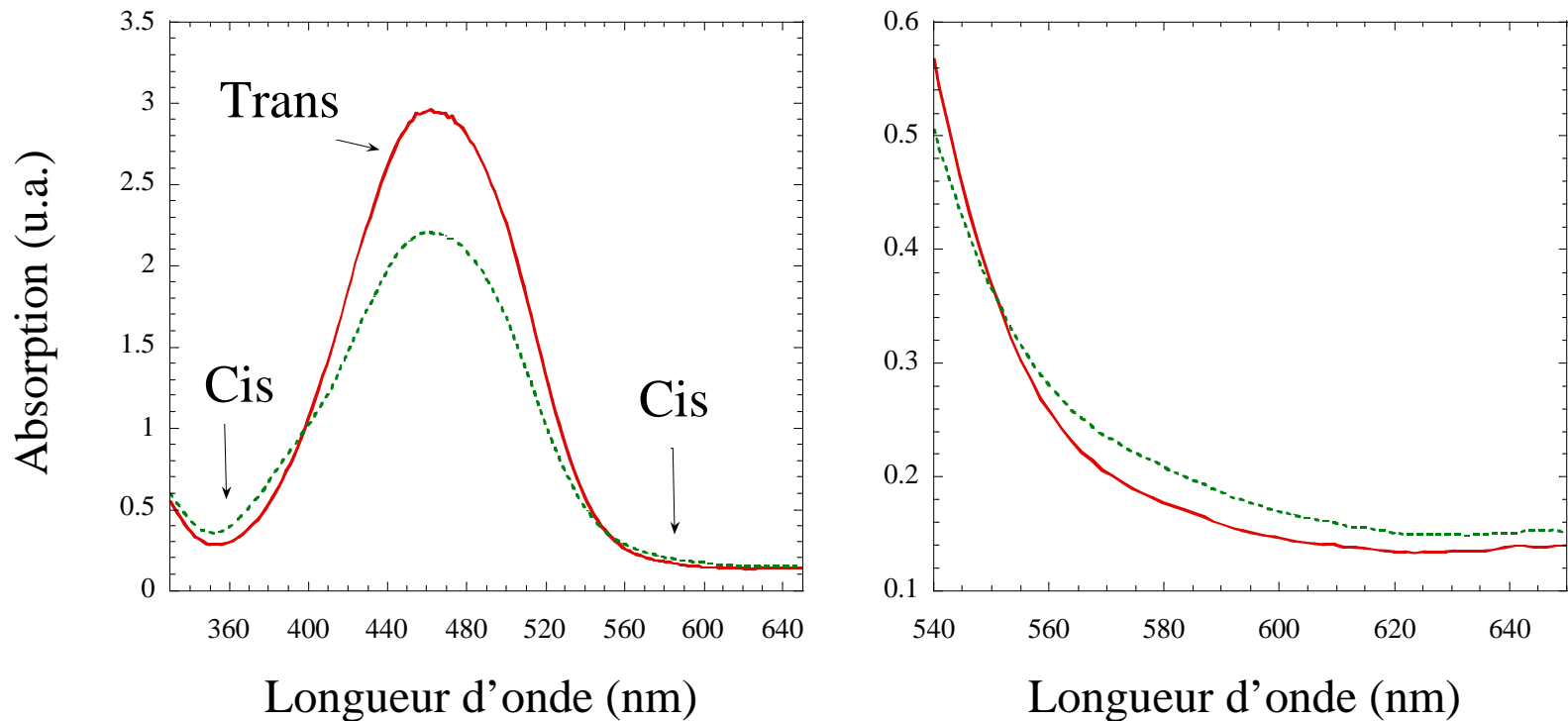


Figure 5: Le profil de l'indice de réfraction aux moments: a)  $t = t_{\text{max}}$ , b)  $t = \forall$ .  
 $\Delta n_{\text{valley}}$  correspond à  $I^{\text{min}}$ ,  $\Delta n_{\text{peak}}$  correspond à  $I^{\text{max}}$ .



# Spectre du film



**Figure 6:** Le spectre d'absorption du film avant (ligne solide) et après (ligne pointillée) l'excitation avec de la lumière à  $\lambda = 514$  nm.

# Excitation à deux couleurs

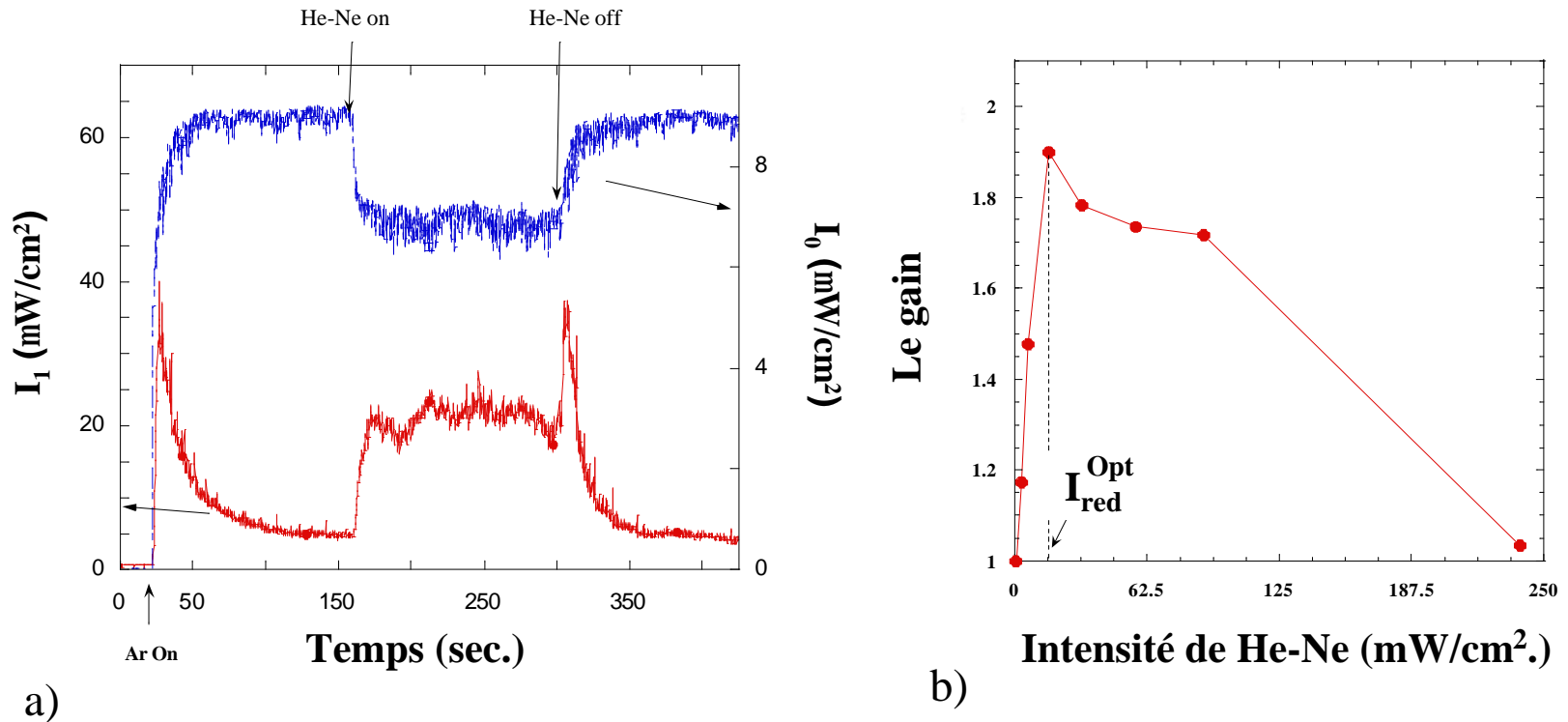
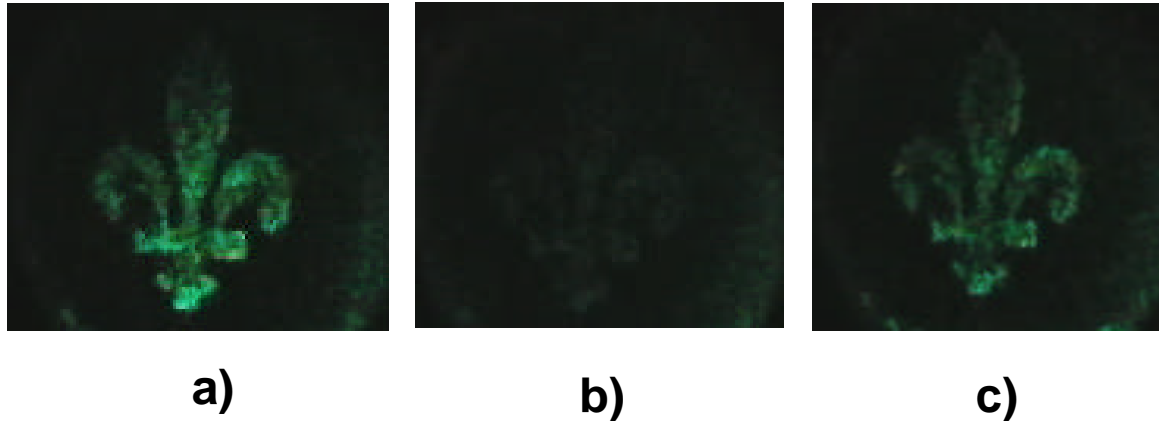


Figure 7: a) Le signal diffracté de premier ordre  $I_1$  pendant de l'excitation à deux couleurs.  
b) Le gain en efficacité de diffraction en fonction de l'intensité de la lumière rouge.

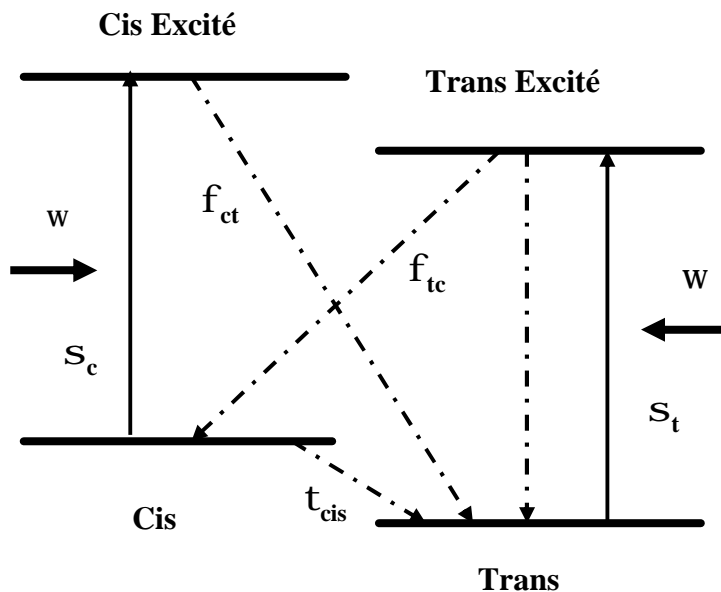
# Amélioration de la qualité de l'image

---



**Figure 9: L'amélioration de la qualité de l'image holographique: a) l'image au moment  $t = t_{\max}$ ; b)  $t = \forall$ ; c) la lumière rouge est allumée.**

# Modèle théorique



Pour modéliser l'holographie à deux couleurs les considérations suivantes ont été faites:

- Absence de réorientation des molécules. On considère uniquement un réseau scalaire.
- On néglige la transition cis-trans induite par le faisceau d'écriture (514 nm.).

Figure 10: Le schéma avec des photoisomérisations de trans-cis et cis-trans.

# Résultats théoriques

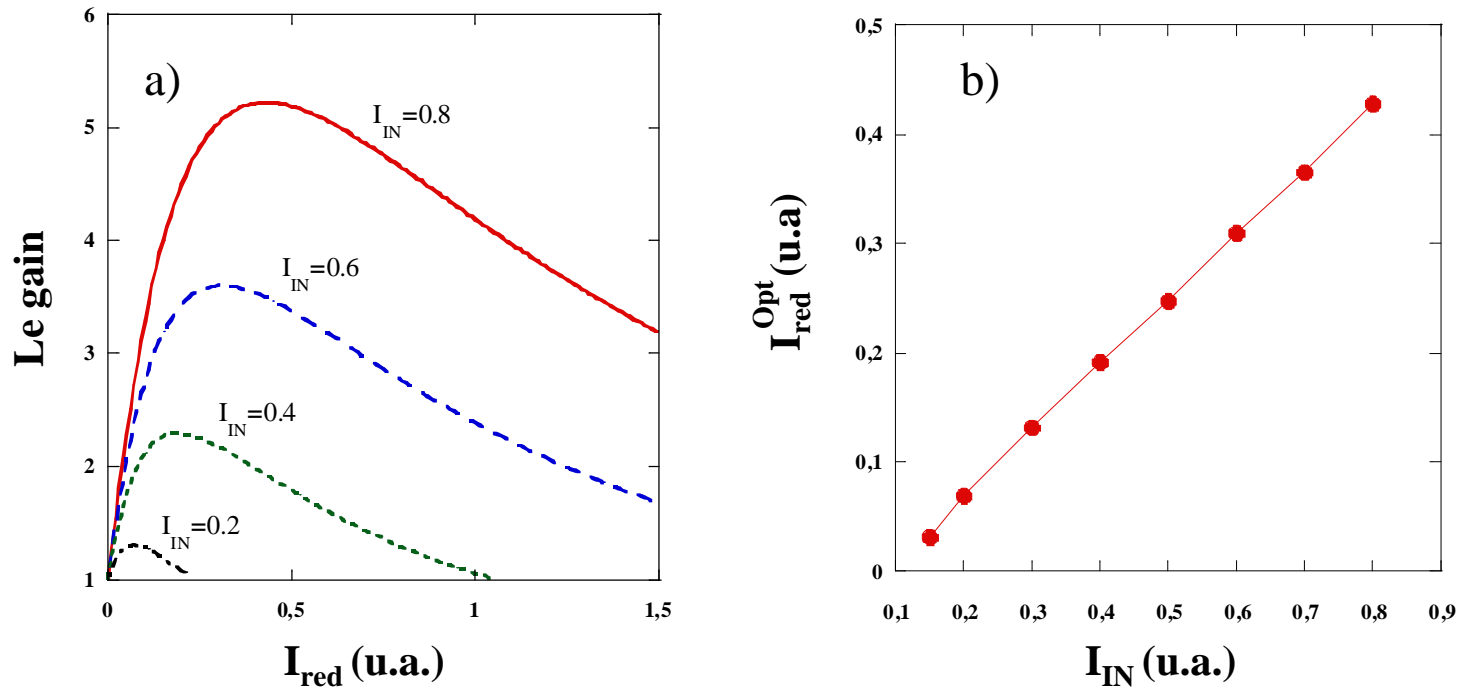


Figure 11: a) Le gain en efficacité de diffraction en fonction de l'intensité du faisceau rouge pour différentes valeurs de  $I_{IN}$ .  
b) La valeur de l'intensité optimale du faisceau rouge en fonction de  $I_{IN}$ .

# Conclusion

---

- On a montré que dans les matériaux tels les polymères dopés avec un colorant azoïque l'excitation à deux couleurs augmente significativement le signal diffracté et la qualité d'une image.
- Un modèle théorique basé sur la photoisomérisation trans-cis a été développé. Un bon accord entre la théorie et l'expérience a été observé.

# Remerciements

---

On souhaite remercier:

- Conseil de recherches en sciences naturelles et génie Canada
- Fonds québécois de la recherche sur la nature et les technologies
- Institut canadien pour les innovations en photonique

pour leur soutien financier.