Mémoires holographiques

Gilles Pauliat

Laboratoire Charles Fabry de l'Institut d'Optique
gilles.pauliat@institutoptique.fr

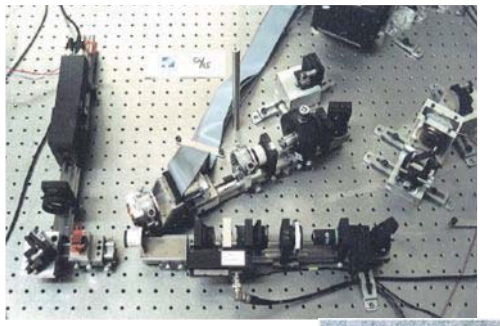
Groupe « Matériaux non linéaires et application »

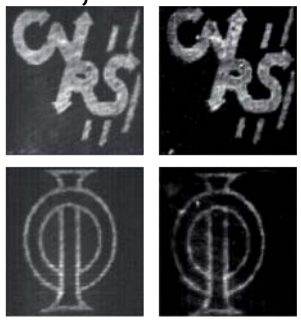
Mots clefs :

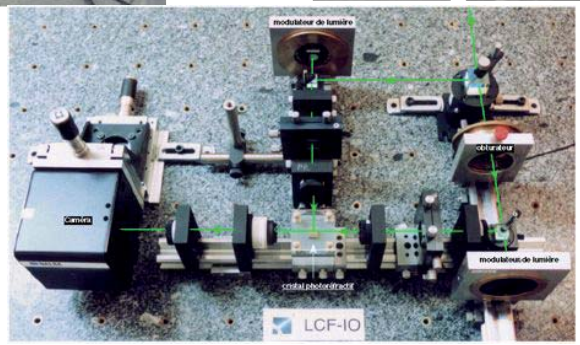
- **non-linéarités optiques ;**
- **matériaux structurés, films minces ferro. ;**
- **traitement de l'information…**

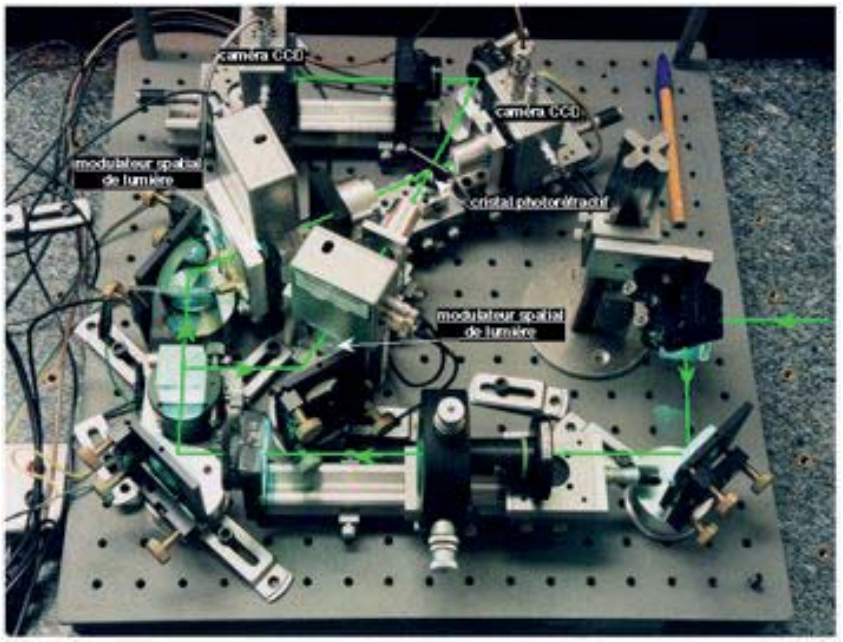
Notre démarche sur les mémoires holographiques

1990 - 2000 : différentes mémoires, rafraîchissement, traitement de l'information…



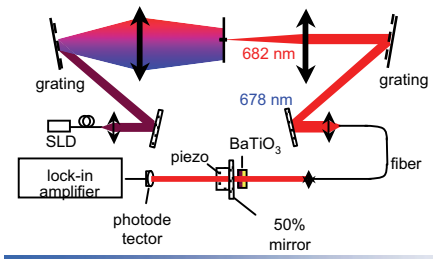


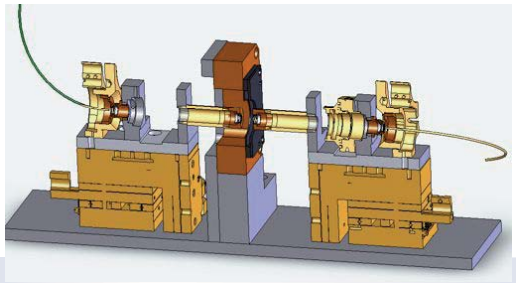


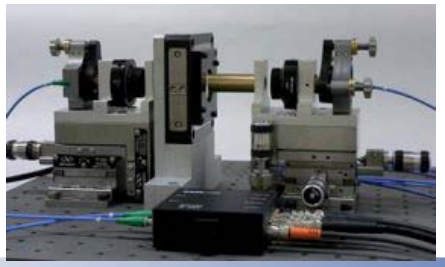


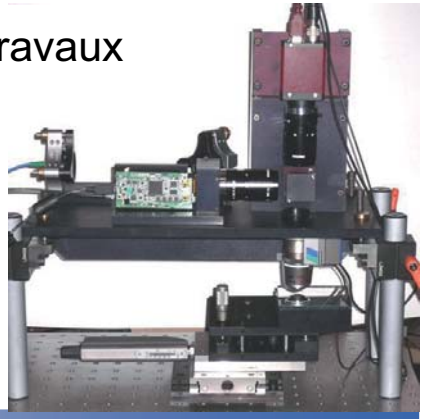
2000 … : Lucent, Polaroid, InPhase, Sony, GE, Thomson… => Arrêt de nos travaux

2001 … : Redémarrage sur des architectures inspirées de Lippmann





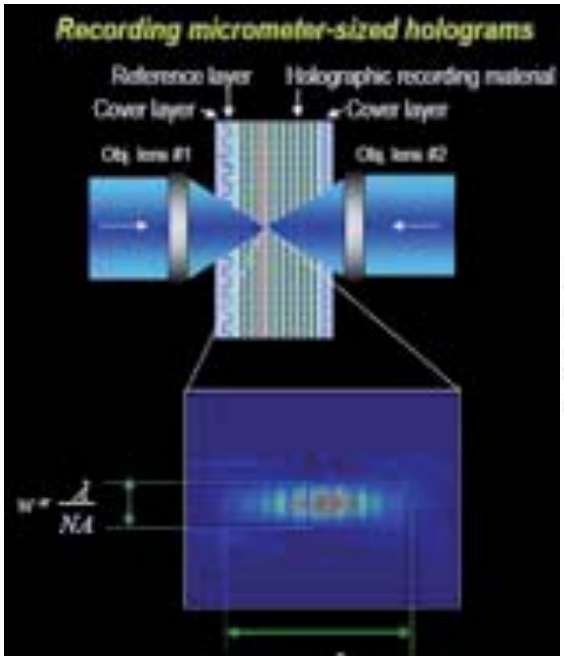




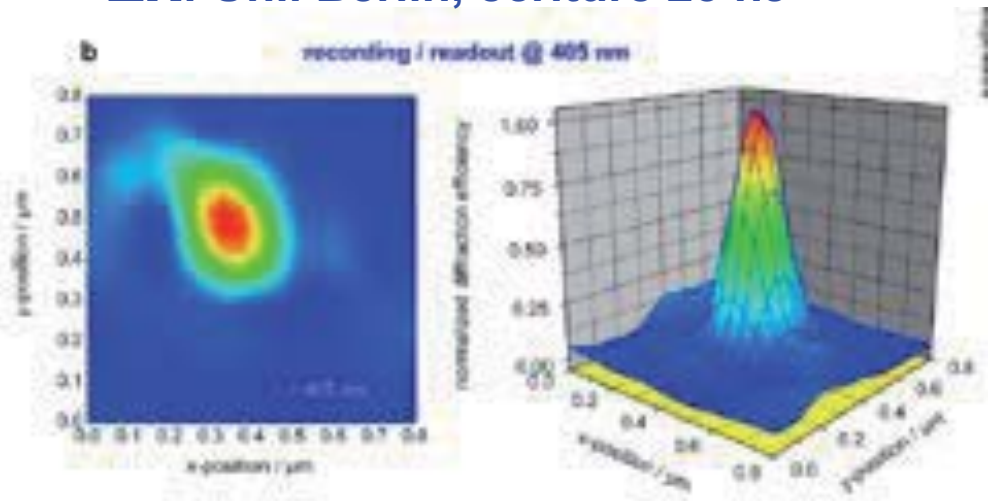
Mémoires holographiques bit à bit
(1 bit par hologramme)

Approche développée par Université Berlin, GE, Sony…

Ex:
Sony
Microreflector recording



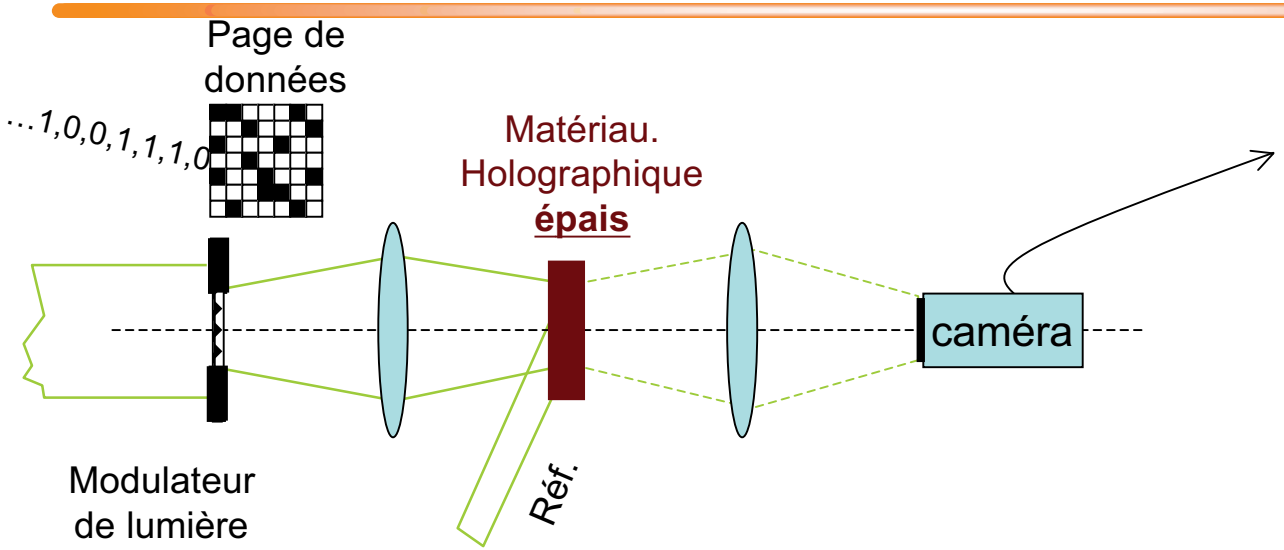
Ex: Uni. Berlin, écriture 25 nJ



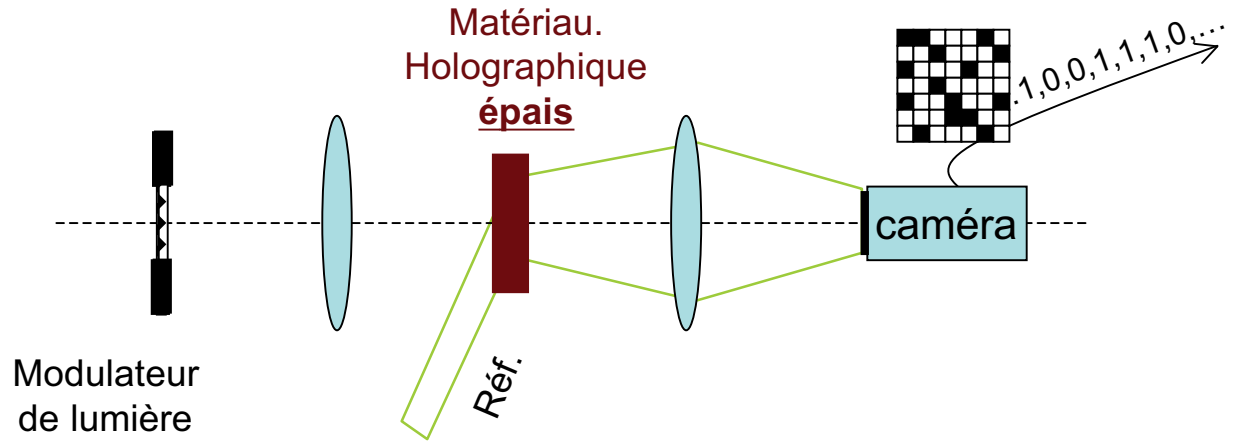
Avantages : mise en forme de la réflectivité (Δn = qq 10^{-4} OK) ;
compatible formats actuels ;
optique sans champ ;
peu sensible aux changements de température ; …

Inconvénients : aberrations sphériques ; Capa > To difficile; **saturation du matériau** !

Mémoires holographiques par page

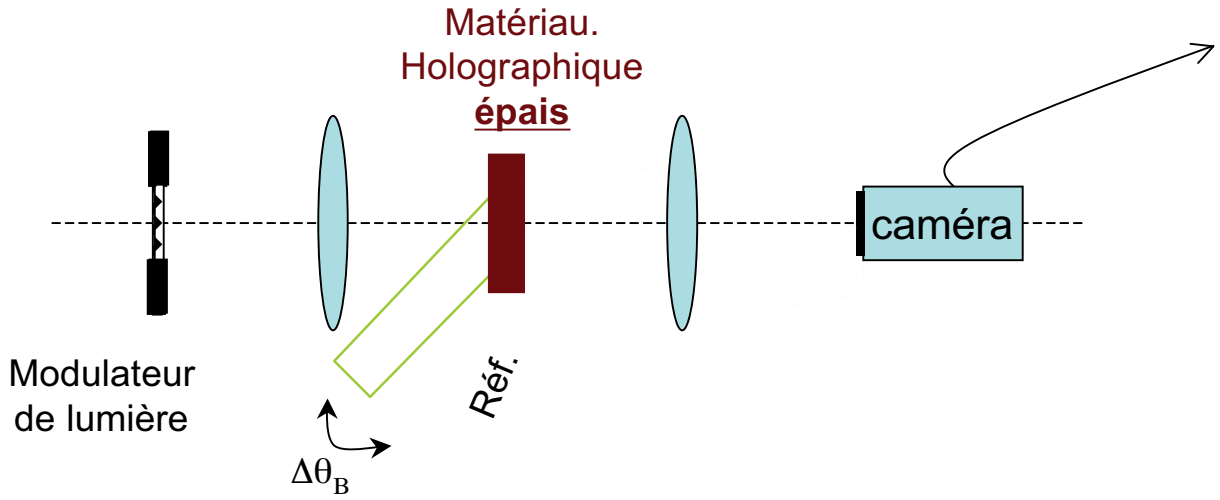


Mémoires holographiques par page



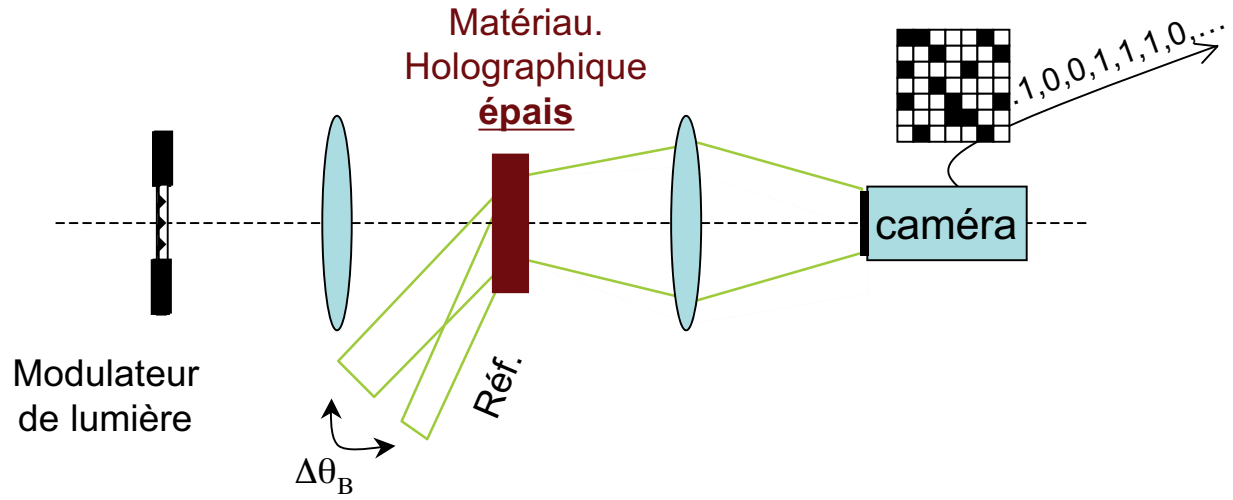
Capacité une page « *identique* » celle des techniques surfaciques

Mémoires holographiques par page



Capacité une page « *identique* » celle des techniques surfaciques

Mémoires holographiques par page



Capacité une page « *identique* » celle des techniques surfaciques

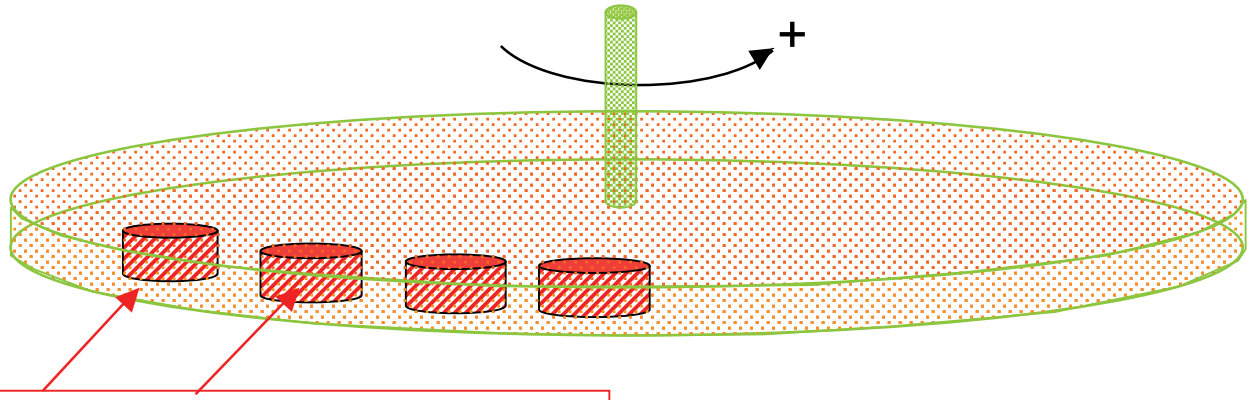
$\Rightarrow$ Accroissement de la capacité d'un facteur

$$N_\theta = \Delta\theta_{max}/\Delta\theta_B \propto \text{épaisseur}$$

$$N_\lambda = \Delta\lambda_{max}/\Delta\lambda_B \propto \text{épaisseur}$$

Mémoires holographiques par page

Grande capacité => système mobile
Multiplexage saptial et en volume :
approche disque optique ou carte optique



P piles de *M* hologrammes de *N* pixels

$$C = N_{\text{pixels}} \times M_{\text{hologrammes}} \times P_{\text{emplacements}}$$

Ordres de grandeur :

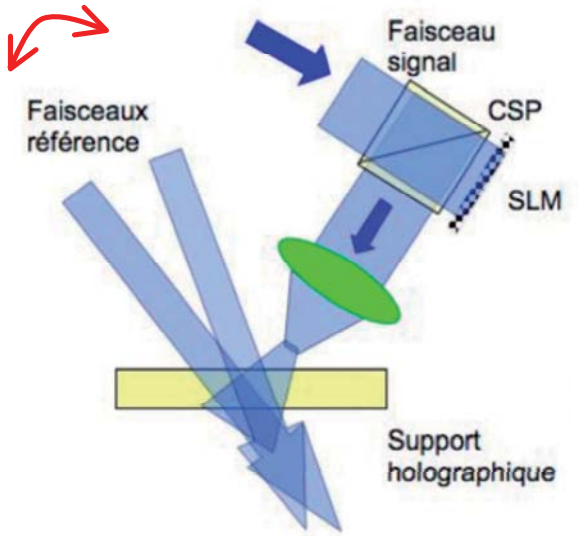
$N_{\text{pixels}} \approx 10^5 - 10^6$ pixels par hologramme

$M_{\text{hologramme}} \approx 100 - 1000$ hologrammes par pile

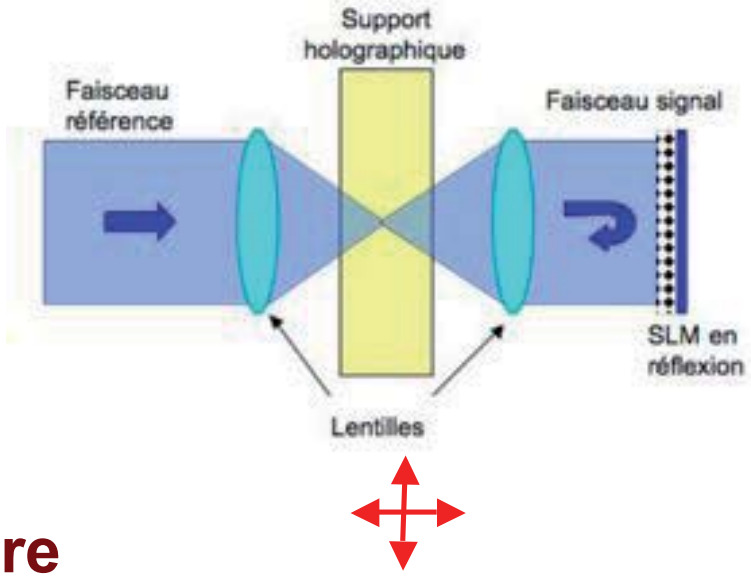
$1 \text{ pile} \approx 300 \times 300 \ \mu\text{m}^2$

Architectures par pages

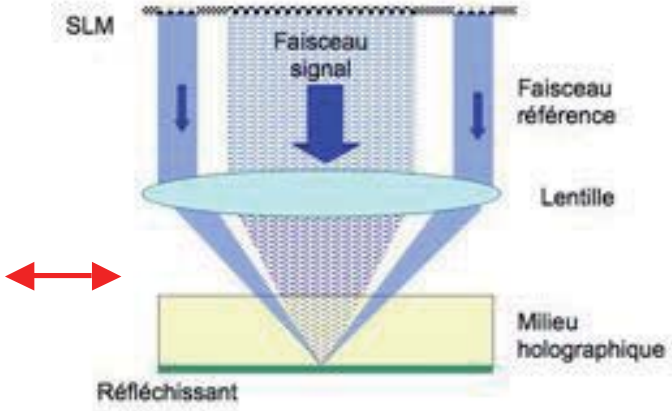
InPhase



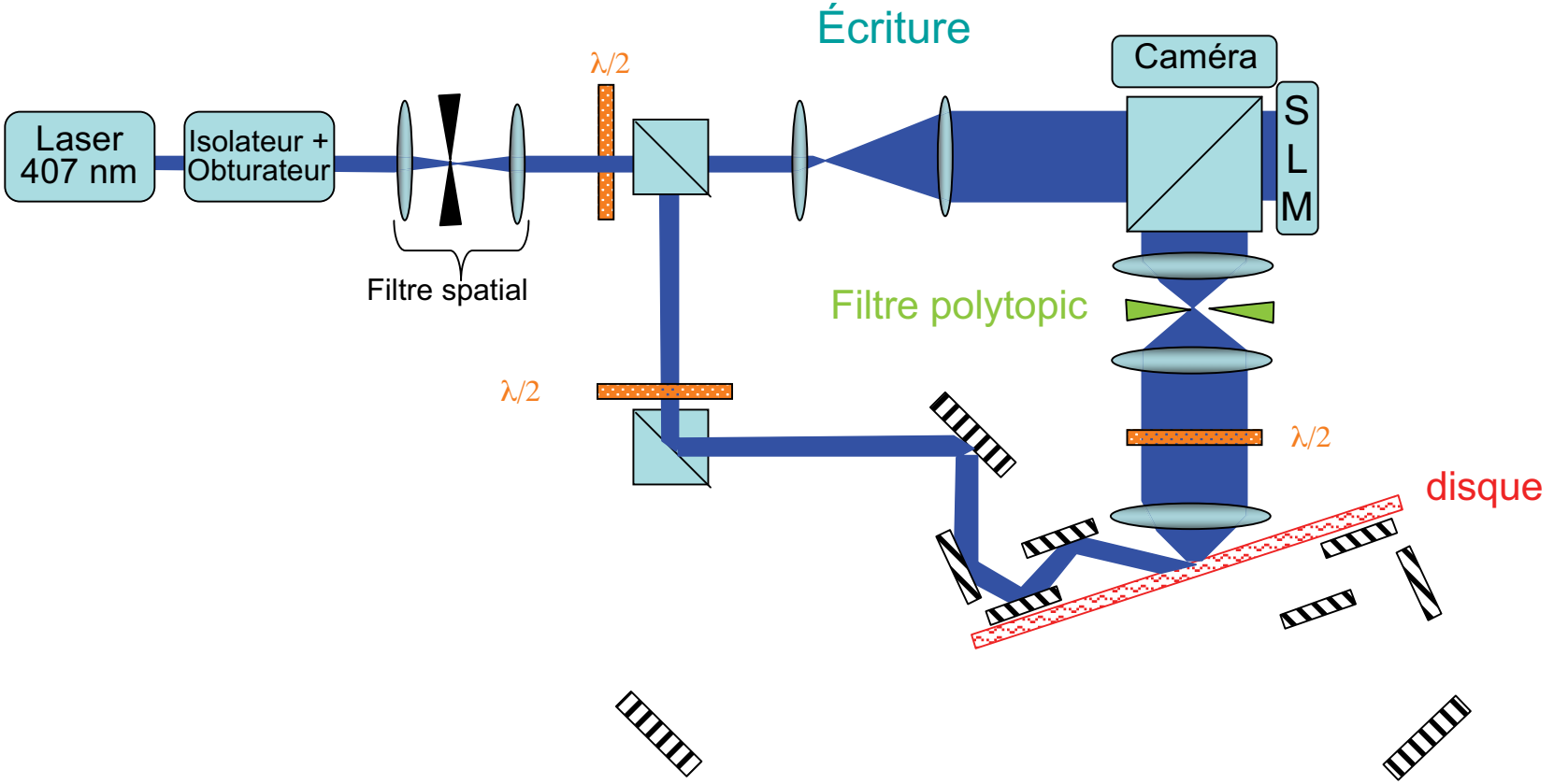
Thomson Villingen



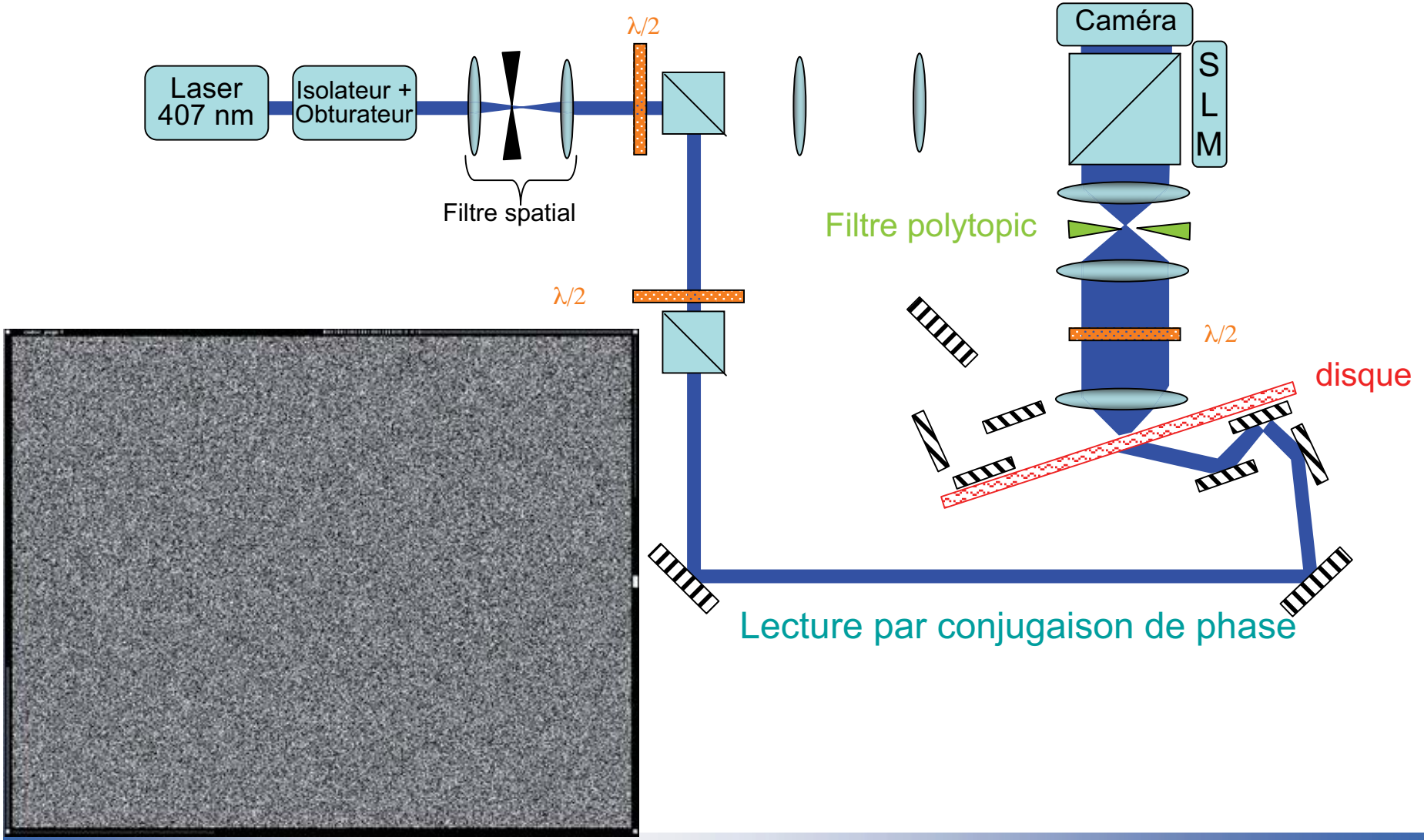
Optware



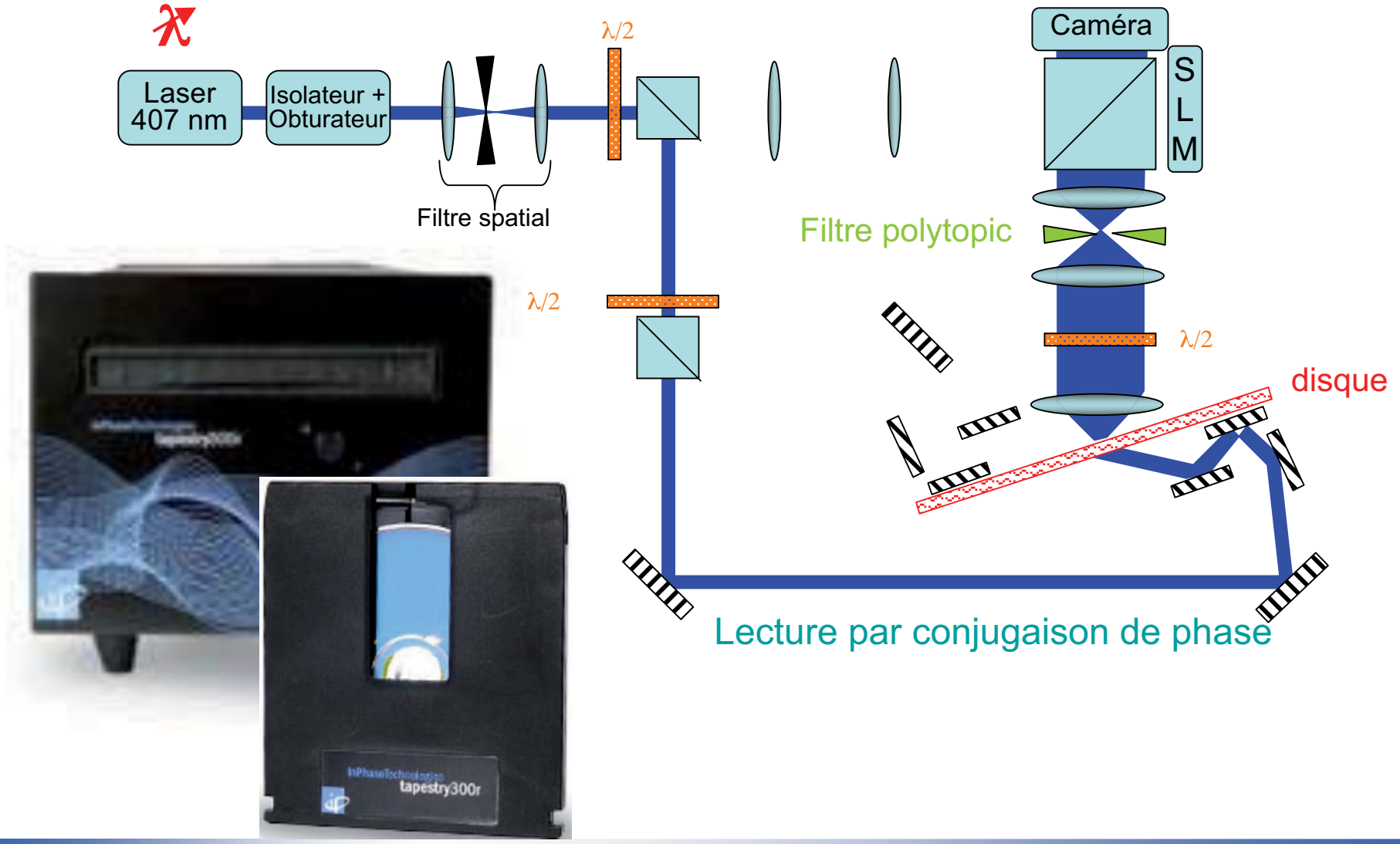
Mémoire holographique InPhase



Mémoire holographique InPhase



Mémoire holographique InPhase



INSTITUT d'OPTIQUE GRADUATE SCHOOL

Architectures par pages

Avantages :

- des systèmes de grande capacité ont déjà été réalisés (500 Go/in^2 réalisé en labo);
- des matériaux, bien que non optimums, existent (archivage > 50 ans?).

Problèmes :

- matériaux non optimums ;
- faibles rapports signal sur bruit ;
- interchangeabilité des disques difficile (résolu par InPhase) ;
- très grande sensibilité aux variations thermiques ;
- réplication difficile.

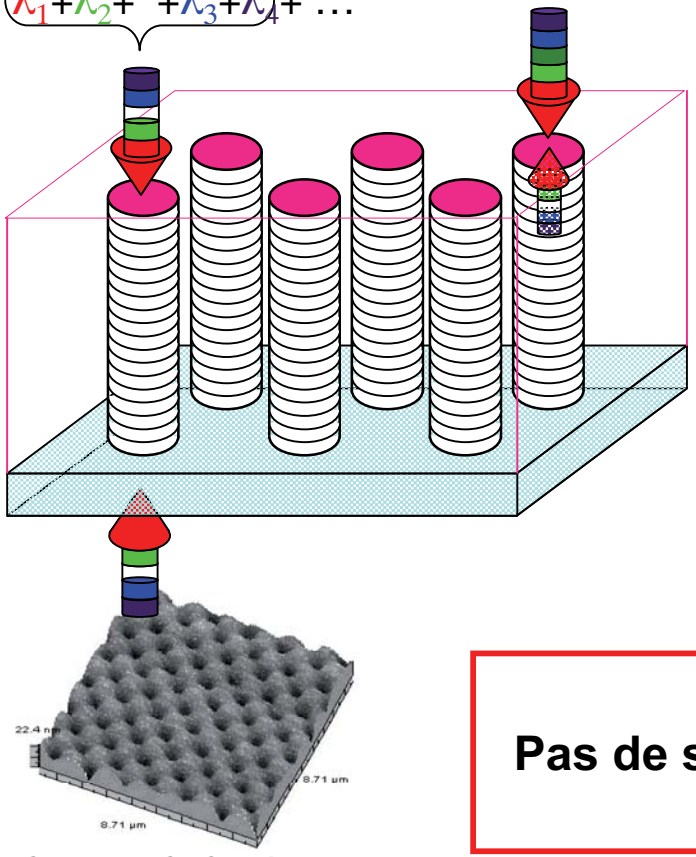
Mémoires type Lippmann

« Optical data storage in microfibers » A. Labeyrie, J. P. Huignard and B. Loiseaux, Opt. Lett. 23, 301, 1998.

Enregistrement Lecture

1 1 0 1 1

$\lambda_1+\lambda_2+ +\lambda_3+\lambda_4+ \ldots$



Courtesy C. Carré, DPG, Mulhouse

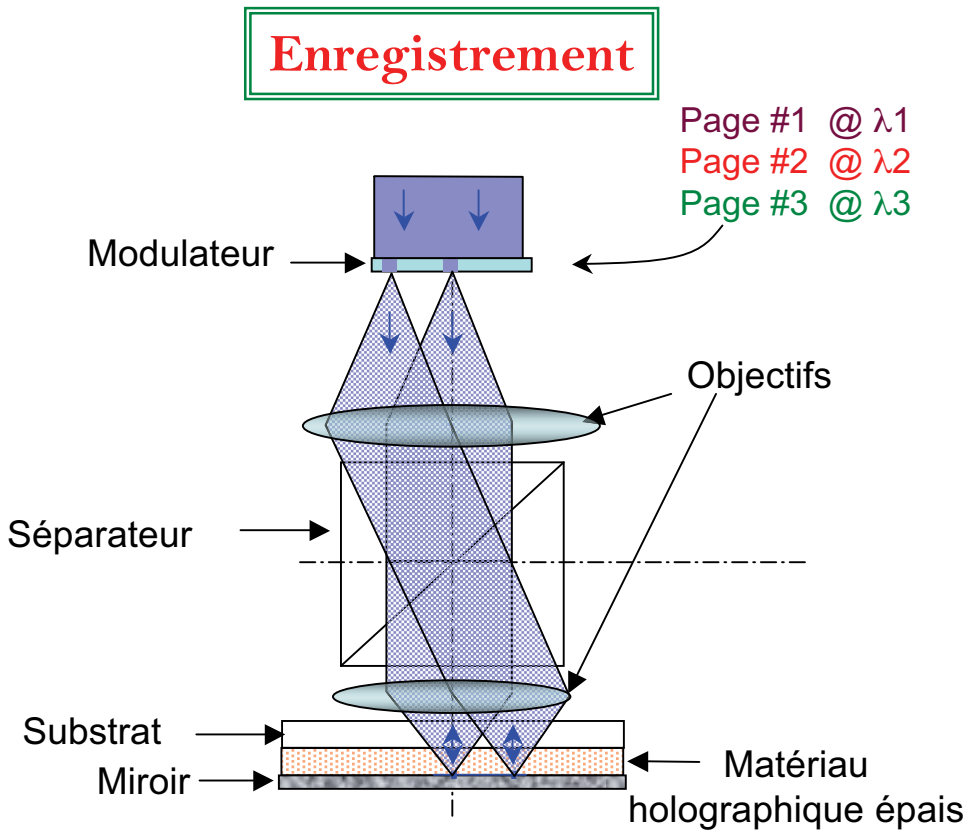
A priori

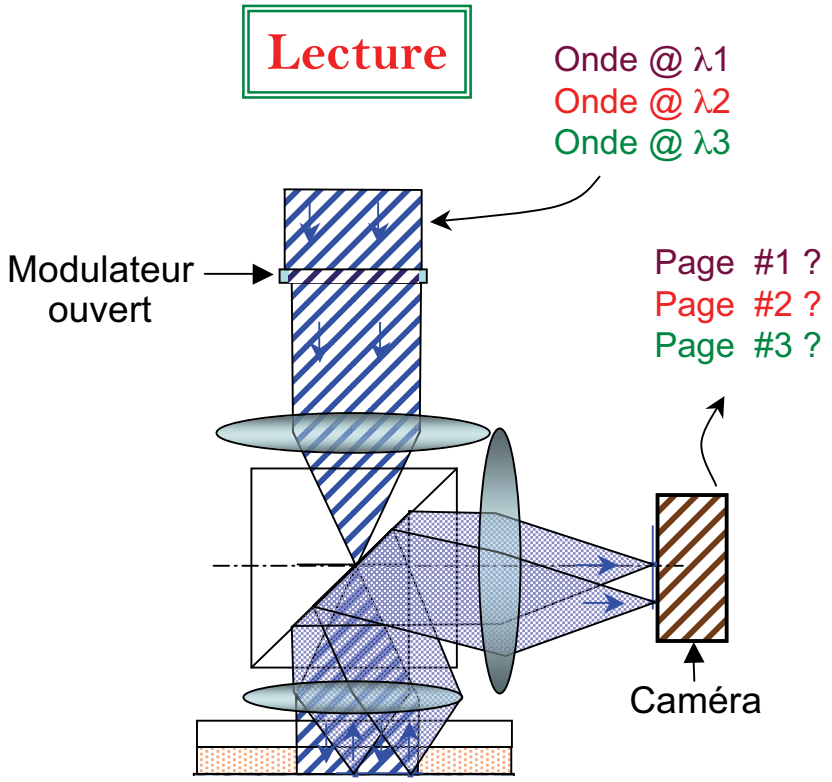
- bon rapport signal sur bruit;
- interchangeabilité;
- insensible aux variations thermiques;
- guidage de la lumière => capacité α épaisseur;
- réponse linéaire suffisante;

TéraOctet =>
1000 hologrammes par fibre, 1 fibre / µm^2?

Pb :
Pas de solution simple pour une grande densité de fibres
=> densité < 1 fibres / 10 µm^2

Mémoire type Lippmann



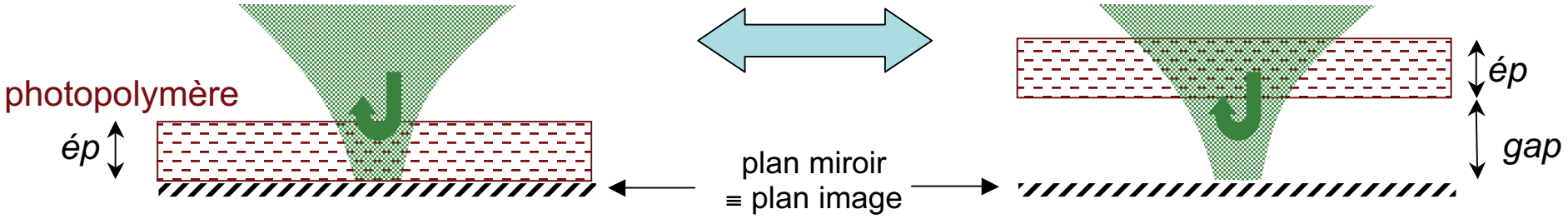


Mémoire type Lippmann

Ce n'est pas de l'holographie : pas d'enregistrement de la phase
=> Contraintes d'écriture :

⇒ Enregistrer des images d'amplitude pure avec phase uniforme.

⇒ Mettre l'image de l'objet sur le plan du miroir à mieux que la profondeur de champ.



Le nombre de pages de données enregistrable ∝ *ép*
La résolution de chaque image est limitée par la diffraction : λ/ON

Mémoires type Lippmann

Avantages a priori :

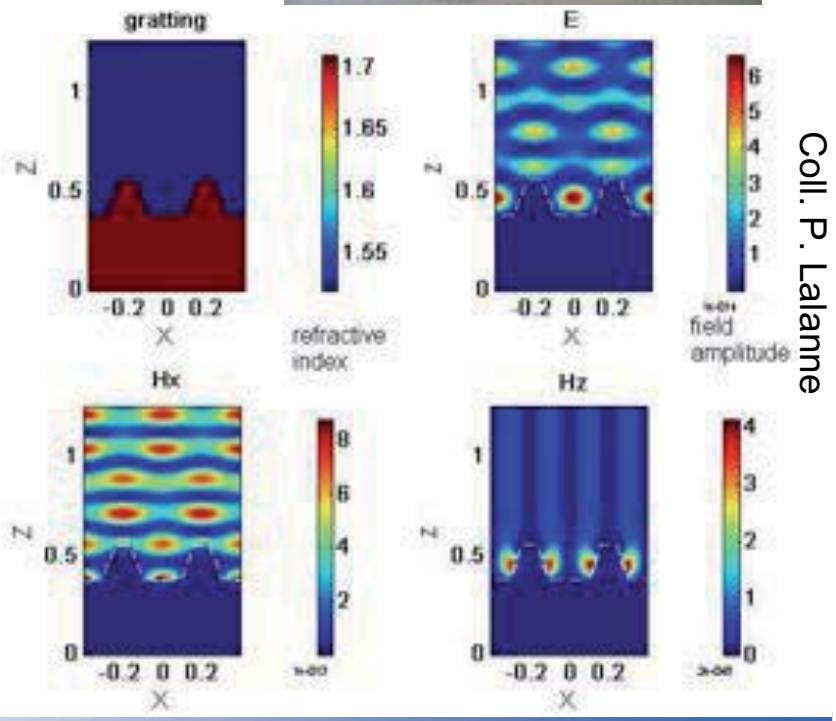
- lecture onde plane => interchangeabilité
- faible sensibilité aux variations de température ;
- optique de grande ouverture et grand champ simple ;
- grandes capacités théorique ;
- réplication possible (copie contact) ;
- grande stabilité ;
- accès un seul côté ;
- homodynage facile ;
- …

Inconvénient :

- besoin de λ variable ;
- démonstration de fortes capacités non encore effectuée (en cours).

Microstructured discs

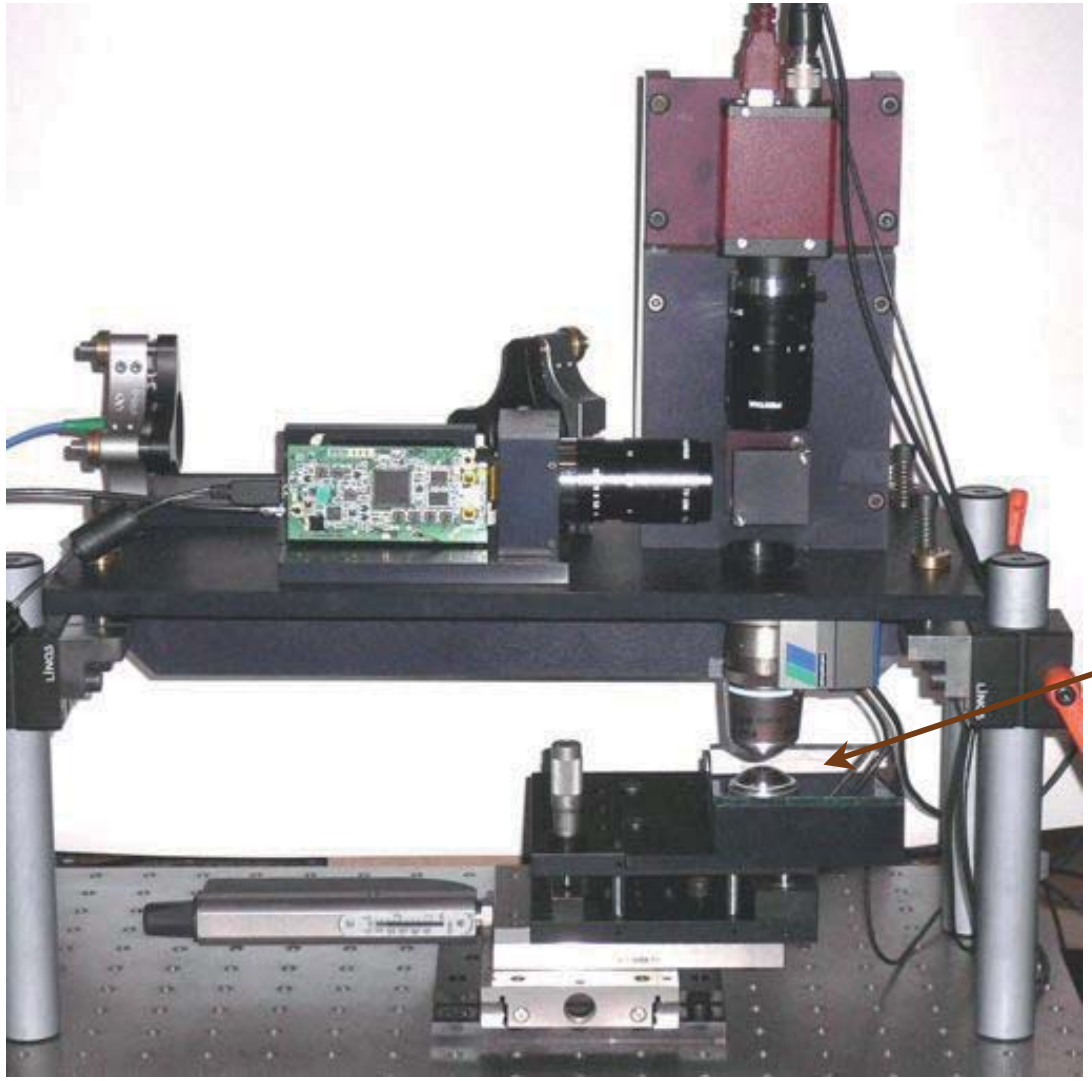
Plasmon / LCFIO



Coll. P. Lalanne

Montage actuel

λ= 473 nm
532 nm
supercontinuum



λ/4
photopolymère
Miroir

Matériau d'enregistrement

Pourquoi photopolymère?

- disponibilité (ex. Bayer) ;
- coût, durabilité… ;
- sensibilité (énergie apportée par la réaction chimique et non photons);
- variations d'indice importantes : $\delta n > 0{,}03$.

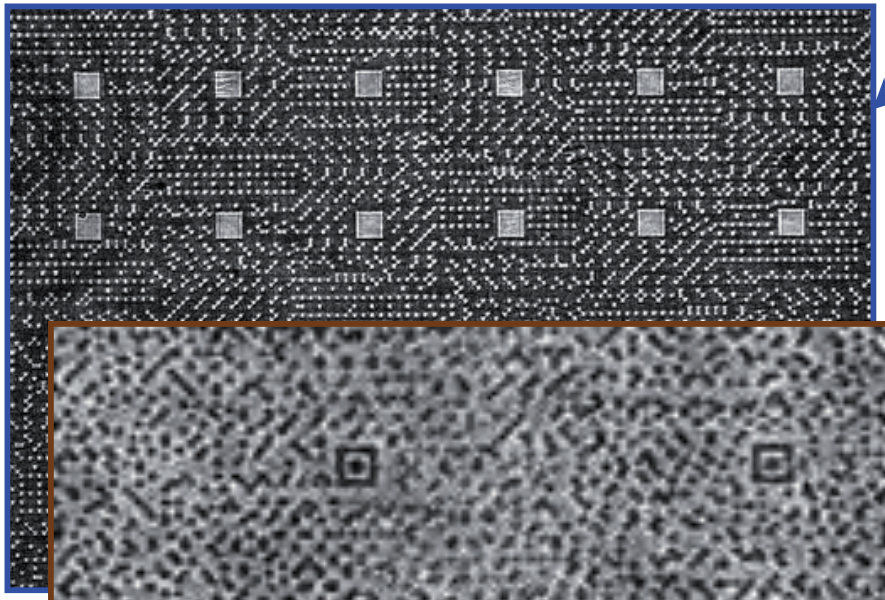
Ex. : Photopolymère Bayer Bayfol HX (RGB) 50 µm

- $Esat \leq 100$ mJ/cm^2 (pour 1 ou M hologrammes)

Typiquement Lippmann avec 200 nm d'excursion :

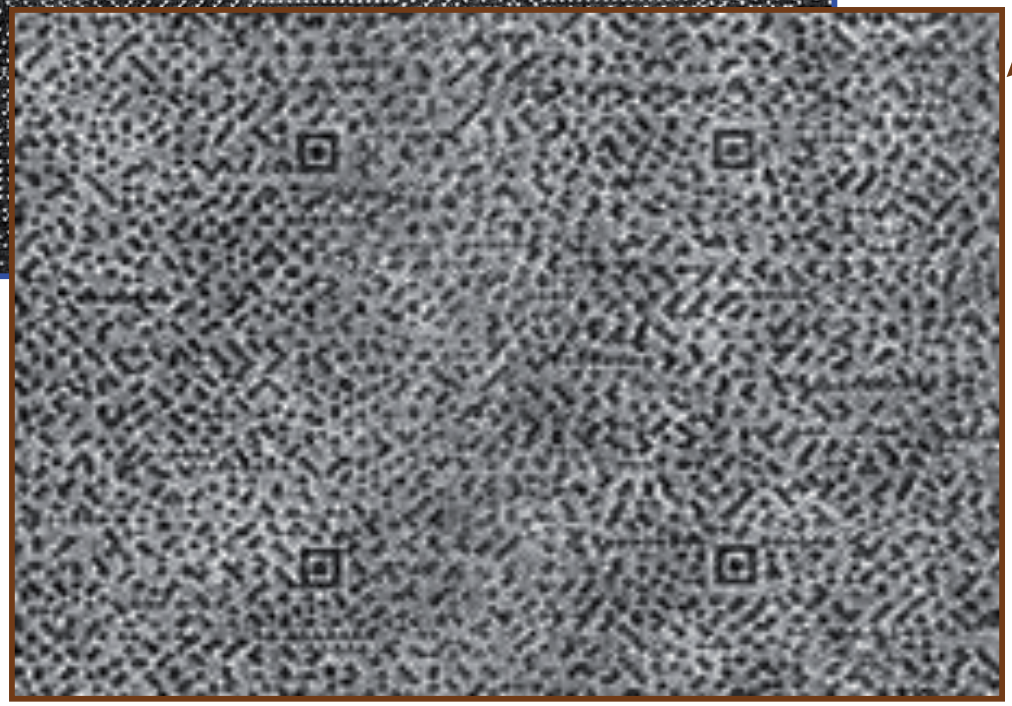
- 100 pages avec $\eta = 9\ 10^{-4}$ (compatible lecture Gbit/s) ;
- Ouverture numérique ON= 0,8 : 8 bits/µm^2 ;
- Énergie d'écriture : qq pJ/bits (compatible écriture Gbit/s).

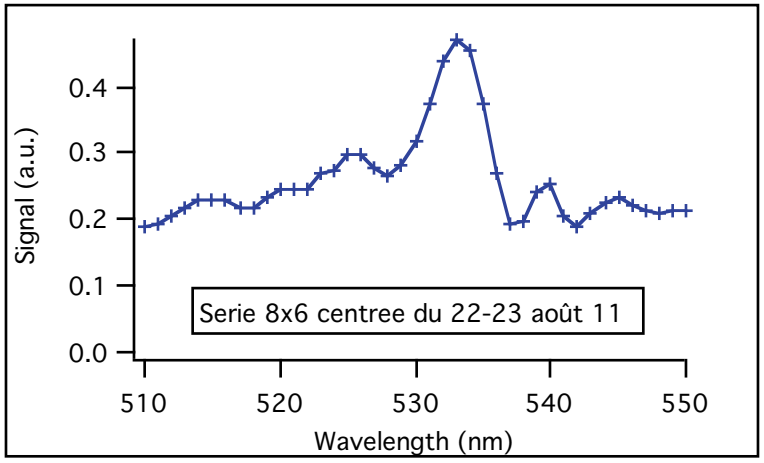
Premiers résultats avec Bayfol HX 16 µm, détection homodyne



Page “positive”; ON=0,6 ;
détection homodyne ; pas pixel 1,76 µm.

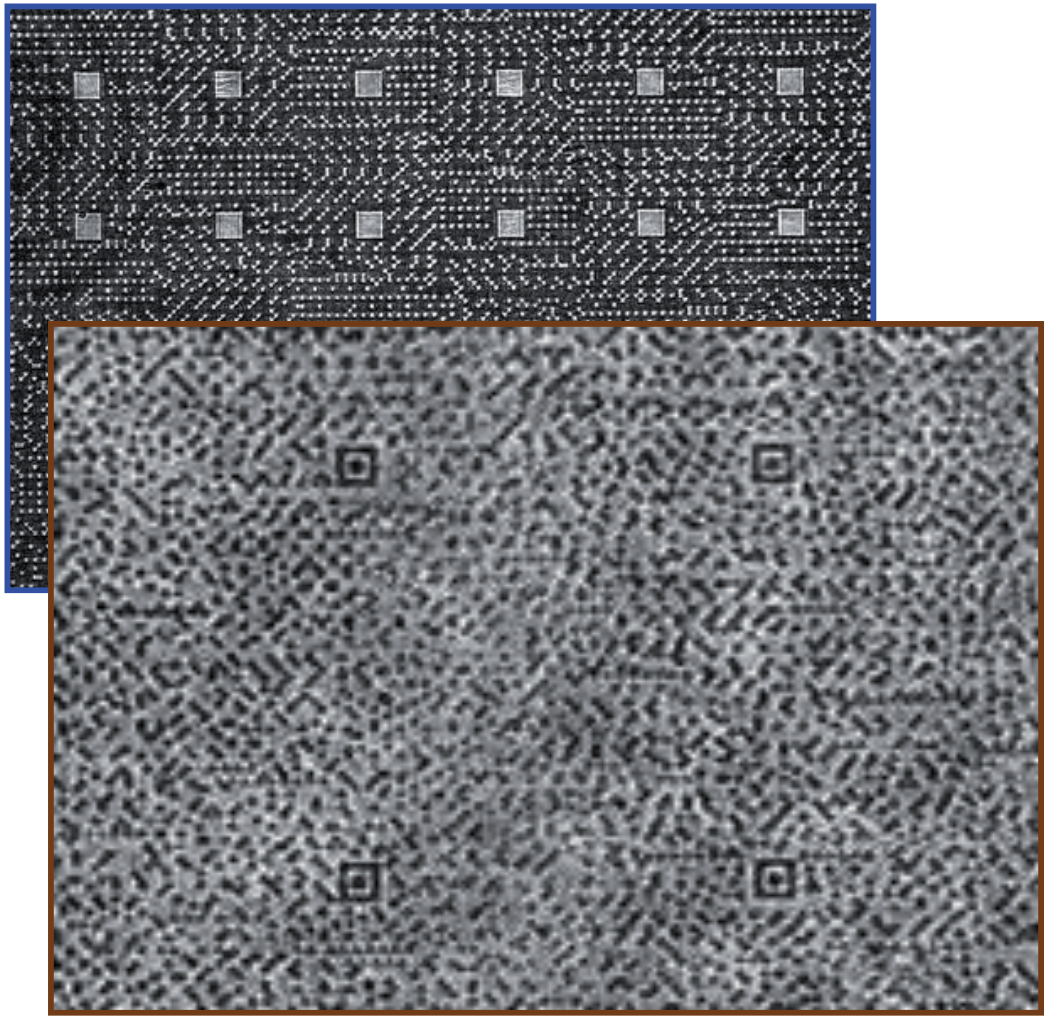
Page “négative”; ON=0,6 ; 12 koctets
détection homodyne ; pas pixel 0,88 µm.

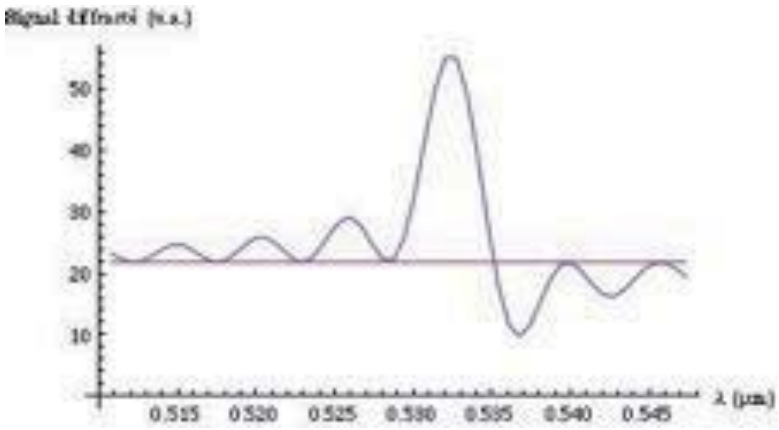


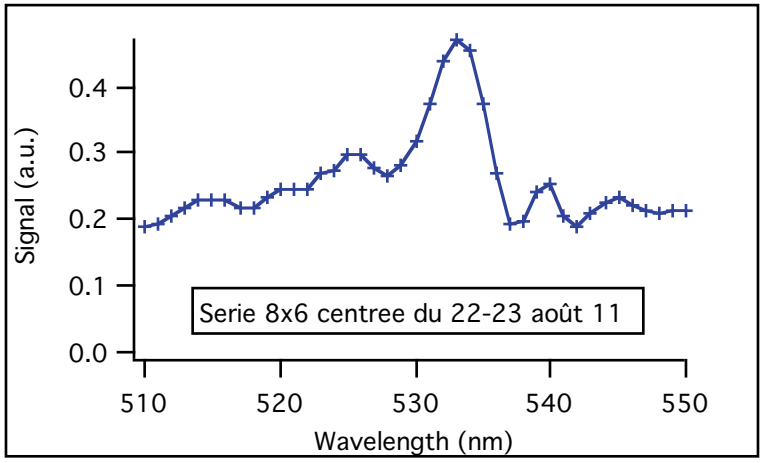


La sélectivité donnée par l’épaisseur, la résolution de l’image donnée par ON.

Premiers résultats avec Bayfol HX 16 µm, détection homodyne





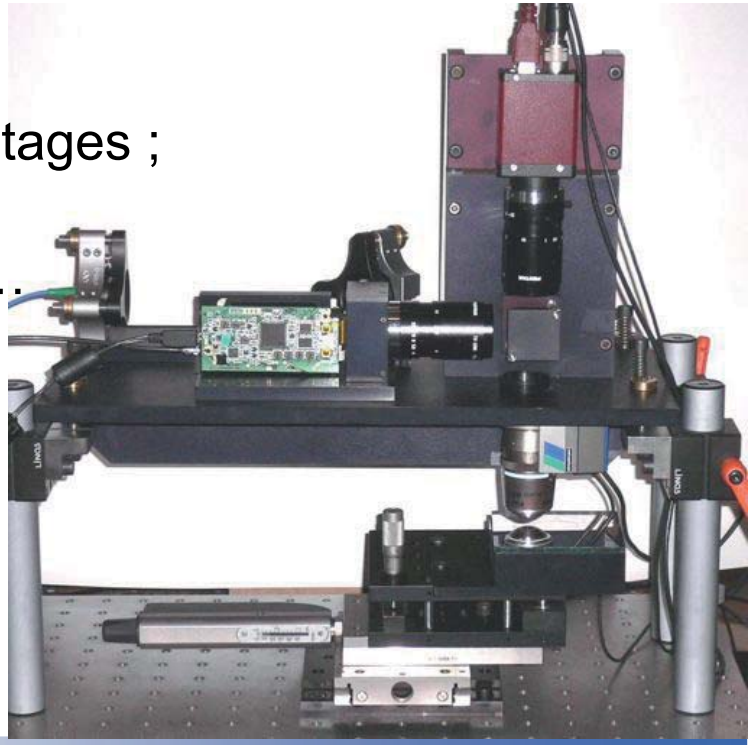


La sélectivité donnée par l'épaisseur, la résolution de l'image donnée par ON.

Conclusions

Mémoires holographiques :

- par page : problèmes bien identifiés ;
- approche bit à bit : à ne pas oublier si matériaux optimisés.

Mémoires Lippmann :

- contraintes d'alignement mais de nb avantages ;
- démonstrations bien moins avancées qu'en holographie mais travaux en cours…