Cristaux photoniques formés par les forces optiques

Daniel Maystre et Patrick Vincent

Institut Fresnel (Equipe CLARTE)
Faculté de St Jérôme (case 161)
13397 Marseille Cedex 20

daniel.maystre@fresnel.fr

Sommaire

- Multi-piégeage de particules dans un système d'interférences: quelques applications pratiques

- Multi-piégeage: théorie, résultats numériques

- Le « binding »: mise en évidence numérique

- Phénoménologie quantitative du binding

Intérêt du multi-piégeage (Ashkin, 1997)

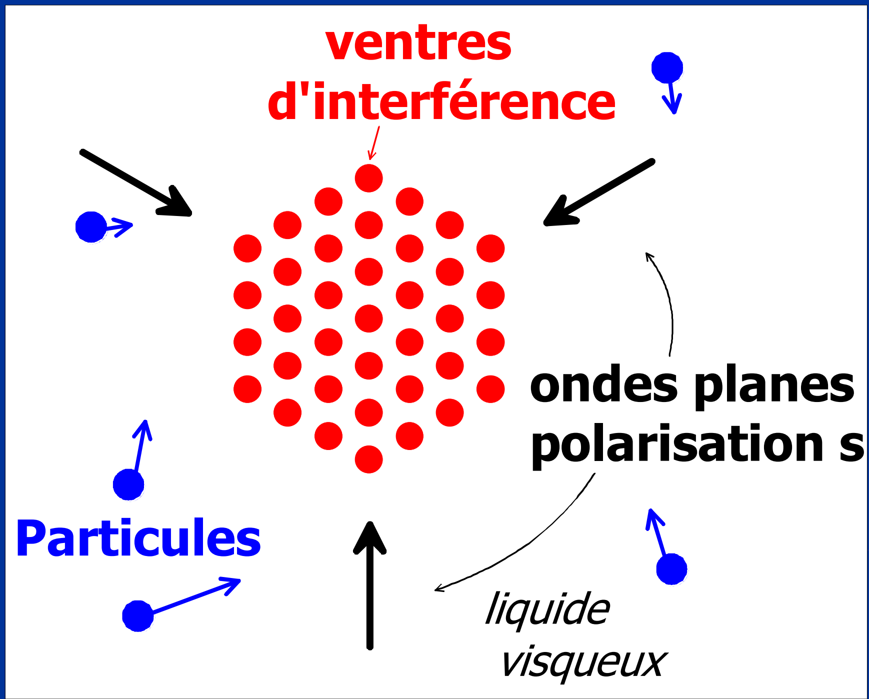
- Guidage d'un grand nombre d'atomes froids

- Piégeage et guidage de plusieurs objets biologiques (virus, cellules, macromolécules)

- Actionneur pour la microchimie (lab. on chip) : N molécules identiques agissent simultanément sur une collection de N molécules ou N protéines ou N cellules différentes (microfluidique)

- Formation de cristaux photoniques ajustables

Le problème: piégeage par forces optiques



Des particules 2D sont introduites dans un système d'interférences polarisé établi dans un liquide visqueux avec des positions et des vitesses connues.

Déterminer leurs trajectoires dans et éventuellement leurs positions d'équilibre.

Algorithme
(D. Maystre and P. Vincent, 2006)

t = 0 Positions et vitesses des particules

(

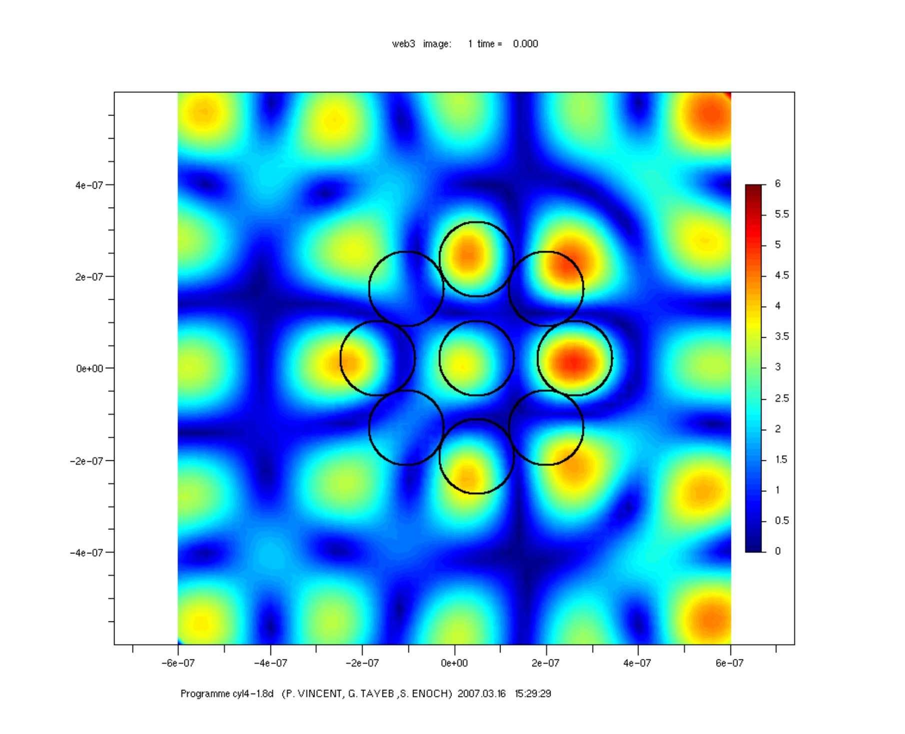
Calcul du champ électromagnétique dans l espace

Tenseur de stress de Max   ell (

Forces optiques sur les particules

t =Δt Positions et vitesses des particules

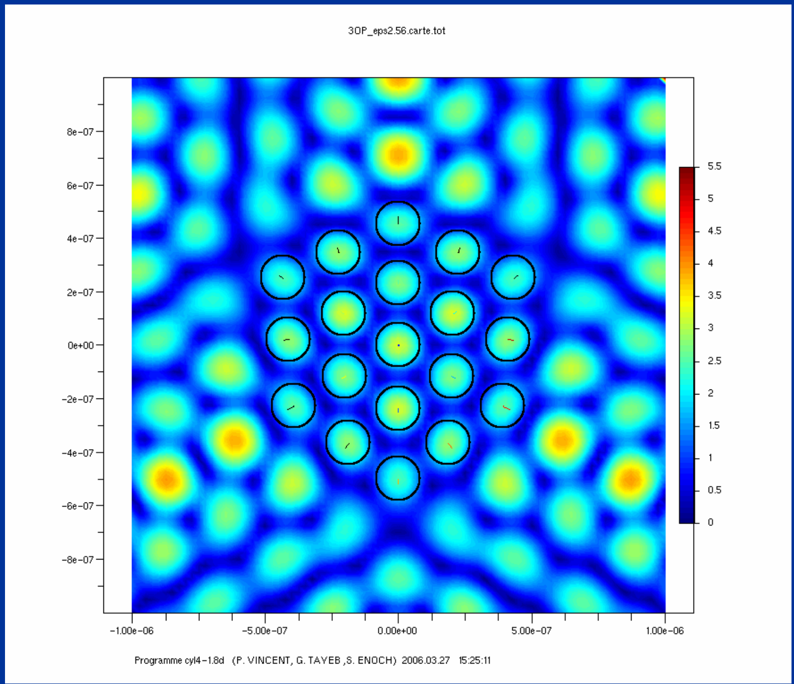
Exemple de calcul



Système carré (ondes) d'interférences avec:

λ_{vide} = 0. 6 μm
indice particules = 1.6
indice du milieu
extérieur = 1.3,
rayon des cylindres
= 0.0 19 μm.

Exemple de position stable



Système hexagonal d'interférences avec:

λ_{vide} = 0. 6 µm

indice particules = 1.6

indice du milieu extérieur = 1.3,

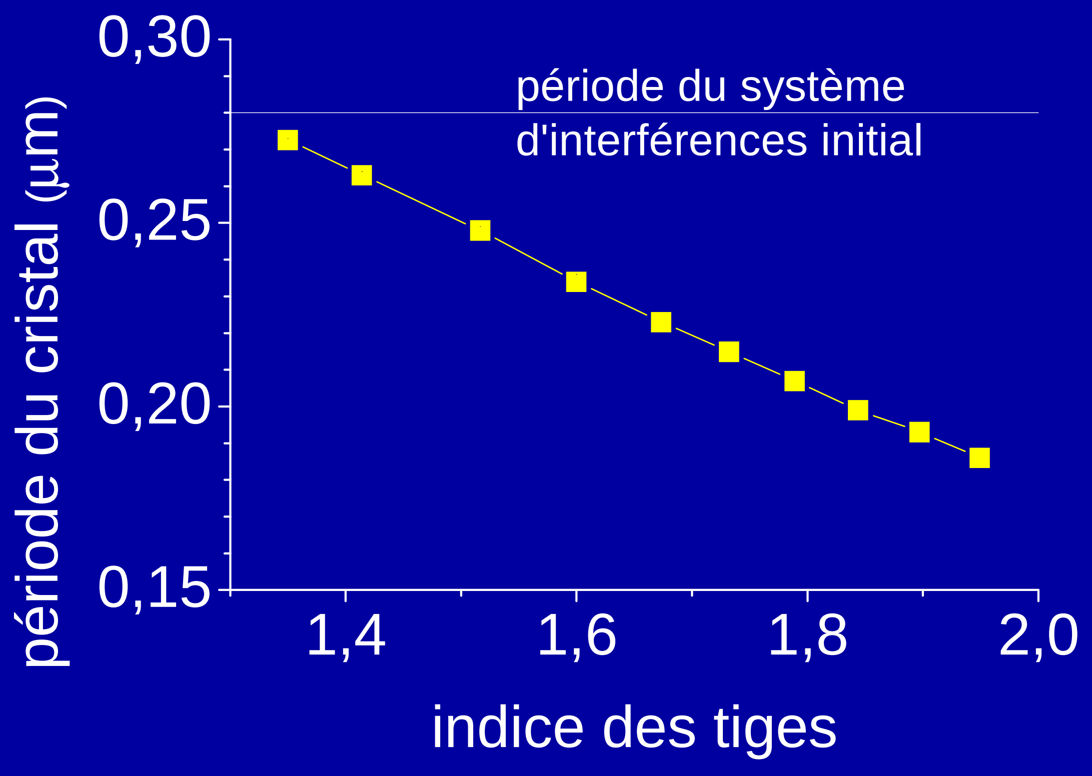
rayon des cylindres = 0.0 19 µm.

inding :

période du système d interférences = 0.2 µm

période du cristal = 0.233 µm.

Evolution du binding avec l’indice des tiges



Une première explication: homogénéisation

La présence des particules piégées augmente l'indice effectif dans le cristal,

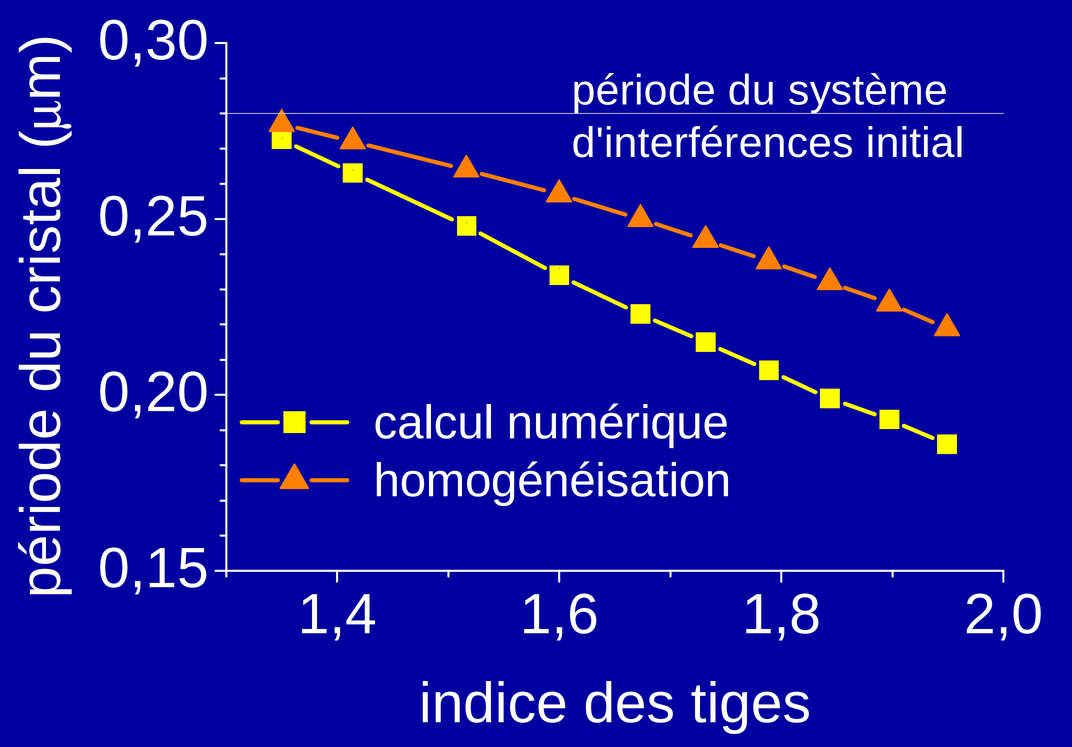
donc diminue la longueur d'onde effective de la lumière dans le cristal,

donc diminue la période du système d'interférences

période du cristal= période effective du système d'interférences

La théorie de l'homogénéisation permet de calculer analytiquement la période du cristal

Homogénéisation: résultat



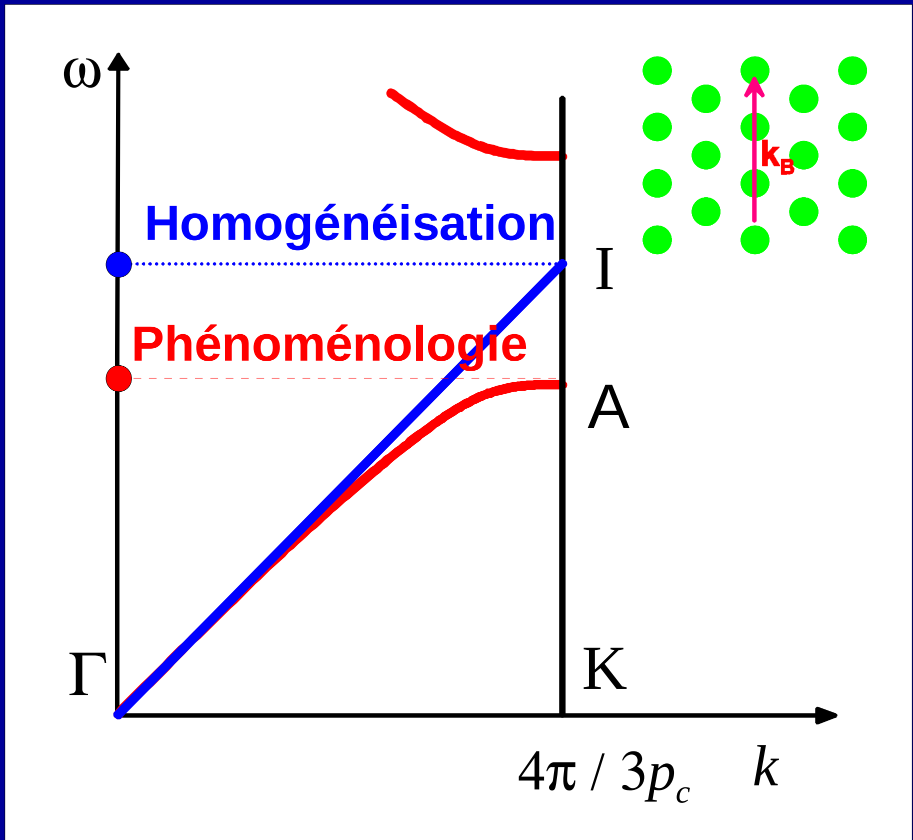
Précision de l’ordre de 0 sur la réduction de la période

Deuxième explication: étude phénoménologique (D. Maystre and P. Vincent, 2007)

Fondement: Le champ dans le cristal se met sous la forme d'une somme de modes de   loch

Moyennant certaines hypothèses (absence de lacunes, conservation de symétrie), on peut montrer qu'en fait, le champ est constitué par un mode de   loch unique

Phénoménologie: la conclusion



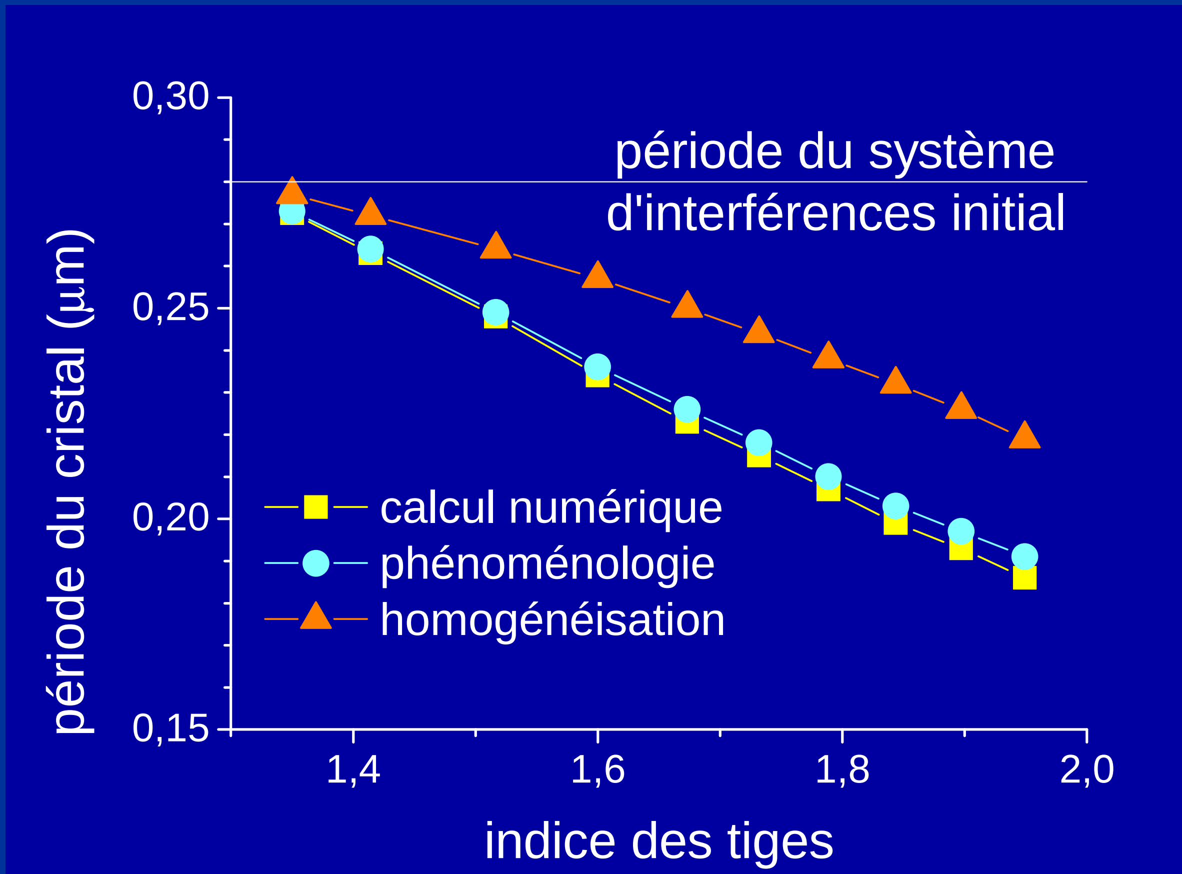
$p_c \Rightarrow \omega$

Calcul de la période du cristal:

Code dispersion

Ne ton

Phénoménologie: résultat



Précision meilleure que sur la réduction de la période

Conclusions

- Notre travail: première étape vers l'étude du piégeage de particules 3D

- Nous avons montré la puissance d'une approche phénoménologique quantitative

- Les conclusions de la théorie s'étendent aisément au cas 3D, mais nous ne disposons pas actuellement de résultats numériques sur ce cas général

- Projet: étude phénoménologique du binding pour un très faible nombre de particules