

Hierarchie de modèles en optique quantique.

De Maxwell-Bloch à Schrödinger non-linéaire.

Brigitte Bidégaray-Fesquet
Mathématiques et Applications 49.

Ce livre est consacré à la modélisation et au calcul de la propagation de faisceaux laser. La difficulté des calculs en optique provient des différentes échelles présentes dans la réalité : la longueur d'onde est de l'ordre du micromètre tandis que l'impulsion peut s'étaler sur plusieurs mètres. Une autre difficulté est l'absence de modèle "général" qui pourrait servir de point de départ à la construction de modèles adaptés à des situations précises. Cet ouvrage se place dans cette perspective et B. Bidégaray-Fesquet propose comme point de départ les modèles de Maxwell-Bloch. En partant d'un couplage Maxwell-Schrödinger quantique, elle met au point une classe de systèmes capables de décrire une grande quantité de phénomènes physiques (doublement de fréquence, auto-focalisation,...) et ayant un domaine de validité extrêmement étendu (impulsions courtes, longues, interaction forte avec le milieu, relaxation...). Une attention toute particulière est apportée à la modélisation de la relaxation. L'ensemble s'appuie sur les expériences d'optique et sur la littérature physique. A partir de ce système "fondamental", l'auteur met en place une hiérarchie de modèles qui utilise les approximations usuelles en optique: approximation d'enveloppe, approximation paraxiale. A chaque étape, les résultats mathématiques disponibles sont décrits: existence de solution, explosion, convergence des développements. Bien évidemment, le but n'est pas l'exhaustivité, mais l'auteur a cherché à présenter quelques résultats pertinents, et c'est réussi. Un autre aspect important de l'ouvrage est le souci de proposer des schémas numériques adaptés à chacune des étapes de la hiérarchie et de montrer que ces discrétisations permettent de retrouver les phénomènes observés expérimentalement. Ces schémas sont décrits précisément, comparés entre eux en terme de coût de calcul, de précision. Ce travail est extrêmement précieux et c'est le seul endroit où on peut trouver ce genre d'étude dans le cadre de l'optique.

En résumé, cet ouvrage donne une description de l'optique allant du modèle jusqu'au calcul en passant par les résultats mathématiques. Il y a un souci constant de coller à la physique. Il propose un traitement unifié à la fois des modèles et des calculs et rassemble des résultats disséminés dans la littérature et difficiles d'accès. D'un point de vue mathématique

et numérique, les méthodes utilisées sont susceptibles d'être recyclées dans d'autres cadres physiques: ondes hydrodynamiques de surface, ondes internes, physique des plasmas...

C'est un ouvrage extrêmement utile pour les spécialistes mais également pour tout scientifique désirant s'initier aux méthodes de simulation en optique non linéaire.