

Introduction générale

Les matériaux cristallins ont été largement étudiés depuis la naissance de la mécanique quantique. Le système parfaitement ordonné permet de classer les fonctions d'onde correspondantes en ondes de Bloch. Reproduisant la périodicité du potentiel cristallin, ces états permis sont uniformément étendus le long de toute la structure [1].

En réalité, l'état cristallin est plutôt une exception qu'une règle. Dans la nature, le désordre existe à différents degrés : de la présence aléatoire de quelques impuretés dans un réseau hôte, à la génération intentionnelle de défauts dans les alliages et autres structures amorphes [2]. La présence d'un désordre dans le milieu de propagation, brise la symétrie de translation du système ordonné et peut provoquer en conséquence le confinement spatial de certains états de Bloch dans une région finie de l'espace. Le nombre d'états localisés dans le milieu désordonné est autant grand que le taux du désordre est grand. Pour un désordre suffisamment important, tous les états de Bloch disparaissent donnant lieu au phénomène de la localisation d'Anderson : Initialement conducteur à l'ordre parfait, le matériau perd ses propriétés de conduction métalliques à partir d'un seuil critique de désordre et devient isolant [3].

Le concept de la conductance mésoscopique dans les systèmes désordonnés a été introduit par D.J. Thouless [4]. Son approche basée sur l'aptitude de l'onde électronique de diffuser le long d'une série successive d'échantillons désordonnés, a constitué les genèses de la théorie d'échelle de la localisation d'Anderson. Celle-ci a rigoureusement montré que la transition de phase métal-isolant ne peut en aucun cas se produire sur les systèmes unidimensionnels aléatoires suffisamment désordonnés [5]. L'exception à cette règle est venue quelques années plus tard lorsqu'un phénomène de délocalisation d'Anderson dû à une corrélation du désordre à courte échelle est apparu dans des chaînes linéaires de Polyaniline. Proposé par P. Phillips, le modèle du dimer aléatoire qui consiste à disposer l'élément défaut par paires aléatoires (sans effets d'agrégats) dans une structure hôte a été ainsi à l'origine de la suppression de la localisation d'Anderson dans les systèmes unidimensionnels désordonnés [6]. L'apparition de résonances de transparence totale dans le spectre de transmission dans ces systèmes a suscité un immense intérêt: Avec l'apparition à des énergies particulières d'états étendus semblables aux états de Bloch (qui sont synonymes d'interférences constructives dans

un ordre parfait), des propriétés de transmission métallique sont ainsi restaurées dans ces matériaux particulièrement désordonnés [7].

Cette transition de phase entre états localisés et états délocalisés fera l'objet de cette thèse : Par analogie aux systèmes électroniques, nous nous intéresserons de plus près à la description de l'effet dimer dans des structures classiques équivalentes [8].

Le chapitre 1 est une introduction aux généralités sur les systèmes électroniques unidimensionnels désordonnés. Un aperçu sur l'évolution des connaissances de base vers la théorie d'échelle de la localisation est ainsi présenté. Dans le but de décrire le phénomène de délocalisation dans les systèmes unidimensionnels désordonnés par corrélation de désordre, l'effet dimer est introduit dans son contexte conventionnel. Présenté dans le cadre du modèle électronique de Kronig-Penney et doté d'un potentiel décrit par une distribution de Dirac, les effets de la corrélation de désordre à courte portée sont montrés à travers la description des propriétés de transmission dans un système binaire désordonné. Dans cette structure unidimensionnelle, le profile de potentiel électronique est à intensité uniforme [9].

Le chapitre 2 est consacré à l'étude de la propagation des ondes mécaniques dans les systèmes unidimensionnels désordonnés. Les propriétés de transmission sont décrites dans le système classique d'une corde vibrante homogène, tendue sur laquelle est disposé à des positions régulières un désordre structurel de masses. Ce système qui répond aux conceptions fondatrices de l'analogie acoustique des problèmes de la physique de la matière condensée, telles conçues par J. Maynard [10], est approprié pour évoquer l'équivalence mécanique – électronique dans le modèle de Kronig-Penney à distribution de Dirac [9].

Par ailleurs, en disposant de systèmes mécaniques distincts (masse-ressort), notre étude permettra de revisiter l'effet dimer conventionnel sur des profiles de potentiels effectifs [11] : Par l'insertion convenable de ressort au niveau de chaque élément diffuseur (hôte et / ou défaut), nous tenterons de décrire les améliorations susceptibles d'apparaître sur les réponses de la transmission de la corde vibrante, lorsque celle-ci est soumise à des manipulations intentionnelles du désordre de masse et / ou ressort. Une optimisation des performances de transmission des filtres mécaniques basée sur l'effet dimer conventionnel est ainsi présentée. Dans le même contexte, l'étude est étendue au cas des alliages hôtes désordonnés [12].

Aussi, motivés par le phénomène de délocalisation par effet dimer dans les hétérostructures électroniques [13], le chapitre 3 portera par analogie sur l'étude de la propagation des ondes électromagnétiques dans les structures stratifiées unidimensionnelles désordonnées. Se présentant en alternance régulière de couches diélectriques différentes, les cristaux photoniques (appelés aussi miroir de Bragg) sont appropriés pour reproduire la physique fondamentale du modèle électronique de Kronig-Penney à profil de potentiel rectangulaire [14].

Conformément à la démarche précédente, le désordre est considéré pour des systèmes binaires de films photoniques [15]. Le désordre binaire est examiné dans son aspect conventionnel afin de démontrer en premier lieu la suppression de la localisation unidimensionnelle des photons par effet dimer [16]. Partant de motifs hôte et défaut à paramètres intrinsèques particuliers, le modèle du dimer aléatoire est ensuite généralisé : un type supplémentaire de résonance dans les systèmes binaires est ainsi identifié dans le spectre de la transmission optique.

Finalement, devant une telle diversité dans la nature des canaux de transmission parfaite, l'originalité de cette partie consiste à l'application de la procédure d'alignement des différentes résonances sur un canal de transmission commun (conforme à celle établie dans les systèmes mécaniques). Par ajustement convenable des paramètres structuraux des motifs hôte et défaut, la nature des modes résonants ainsi obtenus est décrite pour chaque configuration dimer optimisée. Afin de démontrer les effets d'une telle procédure sur la qualité de la résonance dimer conventionnelle, les régimes de transmission autour de ces résonances sont ainsi examinés [17] : Des améliorations conséquentes sur les réponses de la transmission aux résonances dimer correspondantes sont enregistrées. La nature conventionnelle des modes résonants dimer est modifiée et des régimes de transmission plus favorable à la propagation de l'onde y apparaissent.

Notre étude sur les propriétés de transmission des hamiltoniens unidimensionnels aléatoires a pour objectif principal, la description de procédés de manipulation du potentiel désordonné pouvant considérablement améliorer la qualité de la transmission à la résonance

dimer conventionnelle. Dans ces systèmes particulièrement désordonnés, la transition de phase (état localisé - état étendu) est ainsi réexaminée pour chercher un contexte de conditions de propagation plus favorables et exploiter des régimes de transmission à la résonance plus attrayants. L'ensemble des résultats obtenus sur les propriétés de transmission de ces hamiltoniens (électroniques, mécaniques et optiques) unidimensionnels aléatoires à désordre corrélé est présenté dans la conclusion générale.

References

1. F. Bloch, *Z. phys.* **52**, 555(1928)
2. I. M. Lifchitz, S.A. Gradeskul, L.A. Pastur, *Introduction to the theory of disordered systems*, Wiley interscience publication, (1988)
3. P.W. Anderson, *Phys. Rev.* **109**, 1492 (1958)
4. D.C. Licciardello and D.J. Thouless, *Phys. Rev. Lett.* **35**, 1475 (1975); D.J. Thouless, *Phys. Rev. Lett.* **39**, 1167, (1977)
5. E. Abrahams, P.W. Anderson, D.C. Licciardello and T.V. Ramakrishnan, *Phys. Rev. Lett.* **42**, 673 (1979), P.W. Anderson, D.J. Thouless, E. Abrahams and D.S. Fisher, *Phys. Rev. B* **22**, 3519 (1980); P.W. Anderson, *Phys. Rev. B* **23**, 4828 (1981), P.A. Lee and T.V. Ramakrishnan, *Rev. Mod. Phys.* **57**, 287 (1985); B. Kramer and A. MacKinnon, *Rep. Prog. Phys.* **56**, 1469 (1993), J.B. Pendry, *Adv. Phys.* **43**, 461 (1994),
6. H. Dunlap, H. L. Wu and P. Phillips, *Phys. Rev. Lett.* **65**, 88 (1990), P. Phillips, H.L. Wu, *Sciences* **252**, 1805(1992), H. L. Wu, W. Goff and P. Phillips, *Phys. Rev. B* **45**, 1623 (1992)
7. X.Q. Huang, S.S. Jiang, R.W. Peng, Y.M.Liu, A. Hu, *Mod. Phys. Lett. B* **17**, 1461 (2003).
8. P. Sheng, *Scattering and localization of classical waves in random media*, World Scientific, Singapore, 1990
9. E. Sanchez, F. Dominguez-Adame, *Phys. Rev. B* **74**, 147(1994),
10. S. He, J.D. Maynard, *Phys. Rev. Lett* **57**, 3171 (1986), S. He, J.D. Maynard, *Phys. Rev. Lett.* **62**, 1888 (1989); J.D. Maynard, *Physica B* **197**, 231 (1994); J.D. Maynard, *Rev. Mod. Phys.* **73**, 401(2001)
11. F. Bouhafs and N. Zekri, *Mod. Phys. Lett. B* **15**, 343 (2001).
12. H. Khalfoun, M. Bouamoud, S. Bentata, *J. Appl. Sciences* **7**, 1131 (2007); H. Khalfoun, S. Bentata, M. Bouamoud, L. Henrard, *Phys. Lett. A* **372**, 5501 (2008).
13. F. Dominguez-Adame, A. Sanchez and E. Diez, *J. Appl. Phys.* **81**, 777 (1997), S. Bentata, B. Ait Saadi and H. Sediki, *Superlatt. Microstruct.* **30**, 297 (2001); I. Gomez, F. Dominguez-Adame, E. Diez, *Physica. B* **324**, 235 (2002), S. Bentata, *Superlatt. Microstruct.* **37**, 292 (2005); S. Bentata, *Etudes des phénomènes de transport dans les systèmes à une dimension. Thèse de Doctorat. Université des Sciences et de la Technologie d'Oran, Algérie* (2002).

14. J.D. Joannopoulos, R.D. Maede and J.N. Winn, Photonic crystals, molding the flow of light. Princeton University, Princeton, New Jersey, 1995 ; S. J. Johnson and J.D. Joannopoulos, Photonic crystals, the road from theory to practice, (Kluwer Academic Publisher, Norwell, Massachussets, 2002) ; K. Sakoda, Optical properties of photonic crystals, (Springer Verlag, Berlin, 2001) ; P. Yeh, Optical Waves in Layered Media (Wiley, Hoboken N.J., 2005).
15. V. Lousse, Etude Théorique de l'introduction de réflecteurs à cristaux photoniques dans les dispositifs optiques planaires. Mémoire de DEA, Université de Namur (FUNDP), Belgique (2002) ; V. Lousse. Etude théorique des phénomènes de bistabilité dans les structures optiques non linéaires intégrant des cristaux photoniques. Thèse de Doctorat, Université de Namur(FUNDP), Belgique(2003); C. Vandembem. Contribution à l'étude de la réflectance et du confinement des modes dans les systèmes optiques stratifiés. Thèse de Doctorat, Université de Namur (FUNDP), Belgique (2006).
16. Z. Zhao, F. Gao, R.W. Peng, L.S. Cao, D. Li, Z. Wang, M. Wang, C. Ferrari, Phys. Rev. B. 75, 165117 (2007), E.M. Nascimento, F.A.B.F. De Moura et M. Lyra, Phys. Rev. B 76, 115120 (2007)
17. H. Khalfoun, M. Bouamoud, S. Bentata, L. Henrard and C. Vandembem, Journal of Optics A: Pure and Applied Optics 11, 125102 (2009), H. Khalfoun, S. Bentata, M. Bouamoud, L. Henrard and C. Vandembem, Superlattices and Microstructures (2009), doi:10.1016/j.spmi.2009.09.005