



Universiteit  
Leiden  
The Netherlands

## Wave propagation in mechanical metamaterials

Zhou, Y.; Zhou Y.

### Citation

Zhou, Y. (2017, October 17). *Wave propagation in mechanical metamaterials*. *Casimir PhD Series*. Retrieved from <https://hdl.handle.net/1887/56412>

Version: Not Applicable (or Unknown)

License: [Licence agreement concerning inclusion of doctoral thesis in the Institutional Repository of the University of Leiden](#)

Downloaded from: <https://hdl.handle.net/1887/56412>

**Note:** To cite this publication please use the final published version (if applicable).

Cover Page



Universiteit Leiden



The handle <http://hdl.handle.net/1887/56412> holds various files of this Leiden University dissertation

**Author:** Yujie Zhou

**Title:** Wave propagation in mechanical metamaterials

**Date:** 2017-10-17

# Samenvatting

Systemen van mechanische metamaterialen die topologisch zijn met betrekking tot lineaire golven kunnen grote niet-lineaire deformaties ondergaan. De wisselwerking tussen deze niet-lineaire deformaties en de topologie van het systeem beïnvloedt de geleiding van geluidsgolven door het materiaal. Defecten in de orde van het systeem bieden de mogelijkheid om de eigenschappen van het materiaal te beïnvloeden. Tevens kunnen deze defecten interactie hebben met niet-lineaireiteiten in het systeem en met de bulk topologie van het systeem. Om dit beter te begrijpen bekijken we deze effecten in drie verschillende mechanische systemen: eenling-golven in topologische rotorketens, roostergolven in gedraaide Kagome netwerken en dwarse schokgolven in flexibele snaren.

In hoofdstuk 2 bestuderen we de volledige niet-lineaire dynamica van topologische rotorketens. Met behulp van de continuümbeschrijving, leiden we een niet-lineaire veldentheorie af die topologische kinks, antikinks en niet-lineaire excitaties toelaat. Een topologische grensterm in de Lagangriaan breekt de symmetrie tussen de kink en antikink configuratie. Deze asymmetrie komt aan het licht als de propagatie van (anti)kinks wordt bekeken. In hoofdstuk 3 laten we zien hoe deze asymmetrie zich manifesteert als niet-lineaire excitaties wisselwerken met onzuiverheden in de keten.

Om soortgelijke niet-lineaire gedragingen in hogere ruimtelijke dimensies te kunnen onderzoeken, willen we eerst het gedrag in het lineaire regime begrijpen. Gedeformeerde Kagome roosters staan er om bekend topologische fases te vertonen en hebben configuraties waar niet-lineaire effecten niet achterwege gelaten kunnen worden. In hoofdstuk 4 bekijken we de lineaire mechanische golven in gedraaide Kagome roosters. In het perfecte rooster

blijkt dat het draaimechanisme de fononische bandenstructuur beïnvloedt door de bandkloven te vergroten. Bij een kritische draaihoek zien we een verrassende dubbele ontarding in de fononische banden, wat gerelateerd lijkt aan het orthogonaal worden van de roosterbindingen. In hoofdstuk 5 introduceren we puntdefecten in de roosters. Niet-lineaire eigentrillingen van de defecten die ruimtelijk gelokaliseerd en spectraal geïsoleerd zijn verschijnen in de bandkloof. Met behulp van het “tight-binding”-elektronenmodel beschrijven we de hybridisatie van deze eigentrillingen.

Voor het reguliere Kagome rooster zijn er volledige rijen van atomen die gelijkgericht zijn wat nulwaardige eigentrillingen veroorzaakt. Deze nulwaardige eigentrillingen zijn gerelateerd aan het ontkoppelen van de vrijheidsgraden die alleen voorkomen in het lineaire regime. Hierdoor verwachten we dat de niet-lineairiteiten de materiaaleigenschappen veranderen. Om de volledige niet-lineaire analyse van de Kagome roosters te doen, focussen we eerst op een simpeler één-dimensional model dat alle belangrijke eigenschappen reproduceert. In hoofdstuk 6 beschrijven we de geleiding van dwarse-schokgolven in ongespannen flexibele snaren bij een punt-inslag. We formuleren een theorie — voor het continue en discrete geval — die aanneemt dat de trage transversale golven achterblijven in de regio die verstoord is door de snellere longitudinale golven. Deze theorie voorspelt dat er een machtsverband is tussen de snelheden van de schok en de inslag. Dit verband is bevestigd door numerieke simulaties.