



Universiteit
Leiden
The Netherlands

Elasticity and plasticity : foams near jamming

Siemens, A.O.N.

Citation

Siemens, A. O. N. (2013, September 12). *Elasticity and plasticity : foams near jamming*. *Casimir PhD Series*. Retrieved from <https://hdl.handle.net/1887/21709>

Version: Not Applicable (or Unknown)

License: [Leiden University Non-exclusive license](#)

Downloaded from: <https://hdl.handle.net/1887/21709>

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

Cover Page



Universiteit Leiden



The handle <http://hdl.handle.net/1887/21709> holds various files of this Leiden University dissertation.

Author: Siemens, Alexander Oltmann Nicolaas

Title: Elasticity and plasticity : foams near jamming

Issue Date: 2013-09-12

Samenvatting

Het is opmerkelijk hoe veel materialen die we in ons dagelijkse leven tegenkomen, zich heel vreemd gedragen als we ze indrukken, knijpen of wrijven. De meeste ervan zijn zogenaamde amorfe materialen, samengesteld uit vele deeltjes, bellen of druppeltjes, die met elkaar samen op de een of andere bijzondere manier wisselwerken. Zodra we deze materialen samendrukken of verschuiven, komt allerlei interessant en vaak tegen-intuïtief gedrag aan het licht.

Veel materialen gedragen zich voorspelbaar onder compressie en verschuiving. Als je op een tafel staat zal deze je (hopelijk) houden. Sta op het strand, en het zand zal je ondersteunen. Maar kijk hoe de geringste windvlaag diezelfde zanddeeltjes wegblaast. Systemen opgebouwd uit een groot aantal van dergelijke deeltjes vertonen dit bijzondere gedrag waar ze kunnen overgaan van een vaste naar een vloeibare toestand. Het hangt er allemaal van af hoe je met ze omgaat. Deze overgang van vast naar vloeibaar wordt nog ingewikkelder op het moment dat we te maken hebben met vervormbare deeltjes in plaats van met harde deeltjes. Schuimen zijn een goed voorbeeld van een veel-deeltjes systeem van zachte, vervormbare deeltjes.

Het samendrukken van nat schuim lijkt een relatief eenvoudig proces: verzamel de schuimbellen in een container, en druk dan de wanden samen. Als we ons beperken tot een twee-dimensionaal systeem van bellen kunnen we de bellen in het systeem direct waarnemen; de ondoorzichtigheid die optreedt wanneer we kijken naar een drie-dimensionaal schuim, zoals bierschuim of scheerschuim, speelt ons dan geen parten. Om schuim te plaatsen in de “jamming” context - de overgang van een vrij-stromende naar een starre fase van een grote reeks zachte materialen - plaatsen we de schuimbelletjes tussen een zeepoplossing en een glasplaat. Op deze manier kunnen we de hoeveelheid belletjes in onze container controleren voordat we comprimeren. Onder deze omstandigheden is het vrij eenvoudig nuttige informatie over het gedrag van een schuim te verkrijgen: door te kijken naar het schuim worden veel belangrijke eigenschappen snel duidelijk. Bijvoorbeeld, onder druk zullen de belletjes vervormen en zich opnieuw ordenen.

Toch is dit ideale systeem van belletjes in een container iets heel anders dan een echt experimenteel systeem. Net als een luchtbel in water is schuim, gevan-

gen onder een glasplaat, onderhevig aan opwaartse krachten. Als de plaat niet perfect waterpas staat, drijft het schuim naar een hoek van onze container. Ook ontstaan er problemen als de temperatuur schommelt. Omdat schuimbellen uit gas bestaan, zullen zij uitzetten en krimpen, afhankelijk van de omgevingstemperatuur. De uitdaging bij het werken met schuim is dus om het systeem voldoende te controleren, om het door het jamming punt te laten gaan.

In dit proefschrift geven we een kort overzicht van de onderwerpen die worden behandeld in hoofdstuk 1. We beginnen met de invoering van jamming concepten in hoofdstuk 2 en stellen twee fundamentele vragen: wat is de aard van de “jammed” toestand, en wat is de aard van de jamming overgang? We presenteren een geïdealiseerd beeld, met behulp van een eenvoudig model. Verder benadrukken we dat materialen in een gejammede toestand zich niet als gewone, vaste stoffen gedragen. In het hoofdstuk wordt ook besproken dat het schaalgedrag van de bulk en shear moduli als functie van de afstand tot het jamming punt verschillend is. We eindigen dit hoofdstuk met een bespreking van eerder experimenteel werk, alsmede de introductie van een aantal basisbegrippen van nonaffine beweging in “jammed” systemen, die een centrale rol in de hoofdstukken 4 en 5 zullen spelen.

In hoofdstuk 3 beschrijven we een nieuw experiment, waar volledige manipulatie en controle ons in staat stelt om te meten hoe een schuim zich onder compressie gedraagt. We houden een enkele laag schuimbellen tussen de oppervlakte van een zeepoplossing en een glasplaat, in een wigvormige geometrie. Maar zelfs wanneer schuim onder een geslepen en gepolijste vlakke glazen plaat gevangen is, kunnen wij de jamming overgang niet precies bepalen, omdat de glasplaat nooit perfect horizontaal ligt. We kantelen de experimentele opstelling een beetje, en zo beïnvloeden wij de positie van de belletjes die in de wig zitten. Door het gebruik van een rheometer in strain gecontroleerde modus kunnen we het schuim subtiel comprimeren en de stress respons ervan meten. We filmen de opstelling van boven en gebruiken beeldcorrectie technieken om de opnamen bruikbaar te maken voor verdere analyse.

De reactie van het schuim op compressie wordt in hoofdstuk 4 in detail onderzocht. Ten gevolge van de kanteling van het systeem zijn er twee regimes: een regime gedomineerd door zwaartekracht en een regime gedomineerd door de zijwanden. In het zwaartekracht gedomineerde regime is er tussen het schuim en de compressie genererende wisser een kloof. Door het stapsgewijs sluiten van de kloof gaan we naar het regime waar het schuim volledig wordt begrensd door de zijwanden. Het sluiten van de kloof valt niet altijd samen met het toenemen van het torsie signaal. Door een onderscheid tussen “boundary jammed” en “gravity jammed” in te voeren, kunnen we de elastische moduli toch bepalen. In het zwaartekracht gedomineerde regime vinden we dat, hoewel het systeem nog steeds zwak “gejammed” is, het geen elastische reactie op vervorming vertoont, wat aangeeft dat de afschuifmodulus (shear) nul is. Tenslotte zien we een sterk nonaffine reactie van het schuim dicht bij het jamming punt.

In hoofdstuk 5 sluiten we een bidisperse schuimlaag tussen een zeepoplossing en een glasplaat in, maar onderwerpen het systeem aan een gecontroleerde, zuivere afschuif spanning. We sluiten het schuim in een rechthoekige container op (onder een glasplaat), waardoor het oppervlak constant blijft terwijl de wanden worden

geschoven. We filmen het systeem van boven en door het berekenen van het verschil tussen de opnamen kunnen we de bewegingen die in het systeem optreden karakteriseren. We vinden dat wanneer het schuim sterk gecompriëerd (droog schuim) is, er slechts een type herschikking is, de T1 herschikking. Deze herschikking is ruimtelijk gelokaliseerd en treedt op gedurende een relatief korte tijdsperiode. Als we de dichtheid slechts in geringe mate verlagen is de T1 herschikking niet langer de enige soort en het systeem begint nu meer globale beweging te vertonen, met vele bellen die bewegen. De tijdsperiode van de beweging neemt ook toe. Als we bij de jamming overgang aankomen, is de beweging in het systeem volledig geglobaliseerd.

