

# math inside

## Delaminatie in kaart gebracht

### verrassende wiskunde

© LIME BV  
Esp 405  
5633 AJ Eindhoven

T +31 40 75 16 116  
E [info@limebv.nl](mailto:info@limebv.nl)  
I [www.limebv.nl](http://www.limebv.nl)



Deze teksten vallen onder een Creative Commons Naams-vermelding-Niet-Commercieel-GeenAfgeleideWerken 3.0 Unported-licentie.



A SIOUX COMPANY

INNOVATION THROUGH COMPUTATION

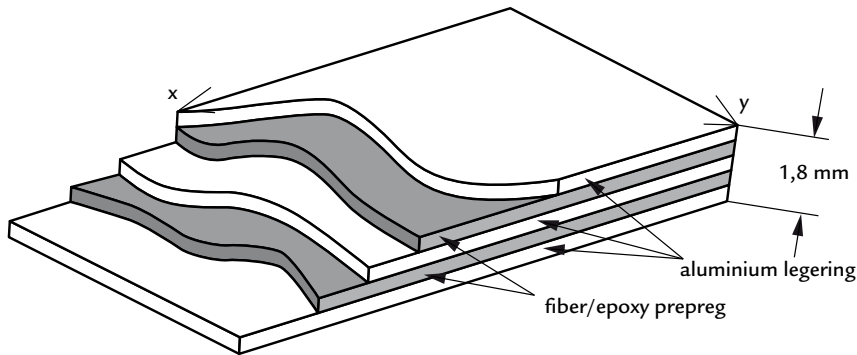


Glare (GLAss REinforced aluminum) is een amalgaam uitgevonden en ontwikkeld door de TU Delft. Het wordt onder meer door Stork Fokker gemaakt voor de vliegtuigrompen van Airbus toestellen. Glare bestaat uit laagjes aluminium met een dikte van 0,2 en/of 0,3 millimeter. Deze laagjes worden aan elkaar gelijmd met glasvezels die geïmpregneerd zijn met lijm, zogenaamde prepregs, pre-impregnated vezels. Het resulterende materiaal heeft een iets lagere dichtheid dan aluminium en is ongeveer anderhalf keer zo sterk als staal. Eigenschappen als vermoeiingssterkte en weerstand tegen impact zijn zelfs een orde beter dan van aluminium.

# Delaminatie in kaart gebracht

Een composiet is een materiaal dat is opgebouwd uit verschillende componenten, die significant verschillende fysische of chemische eigenschappen hebben. Een dergelijk materiaal is in het algemeen niet isotroop (een materiaal is isotroop als eigenschappen als rek niet van de richting afhangen). Dit wordt anisotropie genoemd. Mechanische anisotropie wordt bereikt doordat vaak een van de materialen een vezelstructuur heeft waardoor het in die richting weinig buigzaam is.

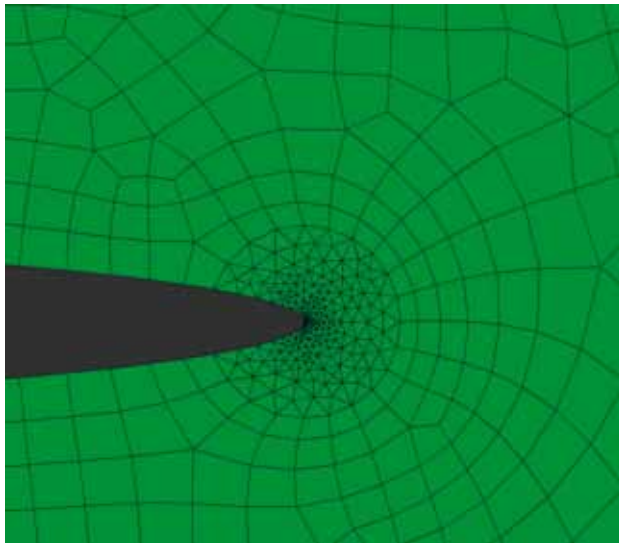
Composieten zijn doorgaans vezelversterkte kunststoffen. De vezels kunnen uit glas, koolstof of kunststof bestaan. Zij zijn ingebed in een zogenaamde matrix van harsachtig polymeer zoals bijvoorbeeld epoxy. Glasvezelversterkte constructies zijn te vinden in de scheepsbouw en de printplaten voor elektronische schakelingen. Een ander soort composiet bestaat uit lagen metaal en vezelversterkte epoxy of polypropyleen, een zogenaamd laminaat. De epoxy of polypropyleen vervult daarbij de functie van verbindend element tussen de metaallagen.



De mechanische eigenschappen van deze materialen kunnen wiskundig beschreven worden, uitgaande van de wet van **Hooke**, die zegt dat de vervorming van een materiaal rechtevenredig is met de kracht die erop werkt. Maar typische karakteriseringen als het **Poisson** getal, de materiaalconstante die beschrijft hoe een materiaal reageert op

een trek- of drukbelasting, zijn heel wat complexer dan voor anisotrope materialen die in zich in alle richtingen hetzelfde gedragen.

Schokken, botsingen of andere vormen van belasting kunnen er de oorzaak van zijn dat een laag in het laminaat gaat loslaten. Dit verschijnsel noemt men delaminatie. Omdat composieten in toenemende mate gebruikt worden in de luchtvaartindustrie, is dit een punt van zorg voor de fabrikanten van het materiaal.



Onderzoek hiernaar vereist een modellering op verschillende lengteschalen, waarvan de kleinste op moleculair niveau. Op wat grotere lengteschaal is met zogenaamde homogenisatietechnieken wiskundig het materiaal te bestuderen. Daarbij worden de materiaaleigenschappen op een speciale manier gemiddeld. Maar om het probleem goed aan te kunnen pakken is het essentieel dat juist ook op ‘microniveau’ gekeken wordt zodat de mechanische eigenschappen van de verschillende materialen meegenomen kunnen worden. Dit vereist een koppeling van een probleem op macroniveau, waar bijvoorbeeld een trekkracht wordt voorgeschreven, met een probleem op microniveau, waar de delaminatie zich voordoet. Dit vereist speciale wiskundige technieken.

## Robert Hooke

\* 1635 Isle of Wight –

† 1703 Londen

Hooke studeerde wiskunde en natuurkunde aan de universiteit van Oxford. Hij was de eeuwige rivaal van Isaac Newton. In 1665 werd hij hoogleraar wiskunde in Oxford. Hij is voornamelijk bekend door zijn wet van Hooke, die in 1678 gepubliceerd werd in zijn *De Potentia Restitutiva*. Hij bouwde microscopen en ontdekte onder meer structuren in kurk en andere plantenmaterialen die hem aan de cellen van monniken deden denken, en die hij daarom ook cellen noemde.



## Siméon-Denis Poisson

\* 1781 Pithiviers – † 1840 Parijs

Poisson studeerde aan de École Polytechnique en werd in 1806 benoemd tot hoogleraar wiskunde en natuurkunde aan dezelfde instelling, als opvolger van Joseph Fourier. In 1827 werd hij hoofd van het Bureau des Longitudes (landmeetinstituut) als opvolger van Pierre-Simon Laplace. Hij deed onderzoek naar elektriciteit en magnetisme, alsmede naar mechanica. Zijn belangrijkste publicatie was *Sur la variation des constantes arbitraires dans les questions de mécanique* (1809). Zijn naam is verbonden aan een veel voorkomende vergelijking in de mathematische fysica, de Poissonvergelijking.

