

math inside

Turbulentie soms handig, soms niet

verrassende wiskunde

© LIME BV
Esp 405
5633 AJ Eindhoven

T +31 40 75 16 116
E info@limebv.nl
I www.limebv.nl



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



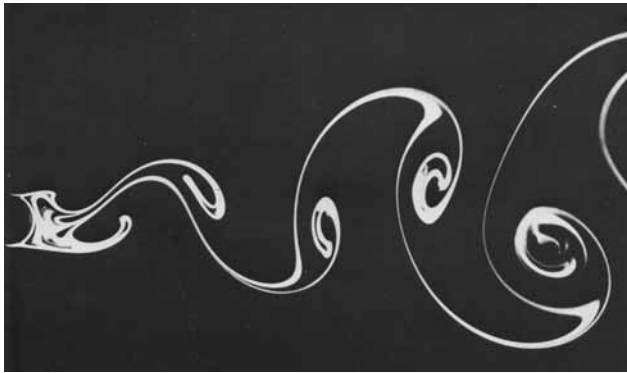
A SIOUX COMPANY

INNOVATION THROUGH COMPUTATION

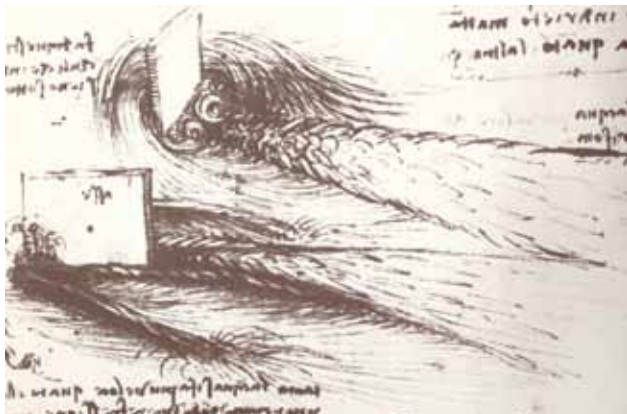
Turbulentie soms handig, soms niet

Als een kraan niet te ver open staat is te zien dat de waterstraal glad is. Dit wordt laminaire stroming genoemd. Als de kraan steeds verder opgedraaid wordt, wordt de straal op een gegeven moment onregelmatig door de turbulentie die ontstaat in de waterleiding.

Die turbulentie zorgt ervoor dat de weerstand hoger wordt: het kost meer kracht om de vloeistof door de buis te pompen. Sommige industriële toepassingen zijn gebaat bij een zo laag mogelijke weerstand, bijvoorbeeld bij vliegtuigvleugels waar lucht langs stroomt of bij lange pijpleidingen waar olie door wordt gepompt. Bij turbulentie beweegt het water, de lucht of olie zich schijnbaar chaotisch.

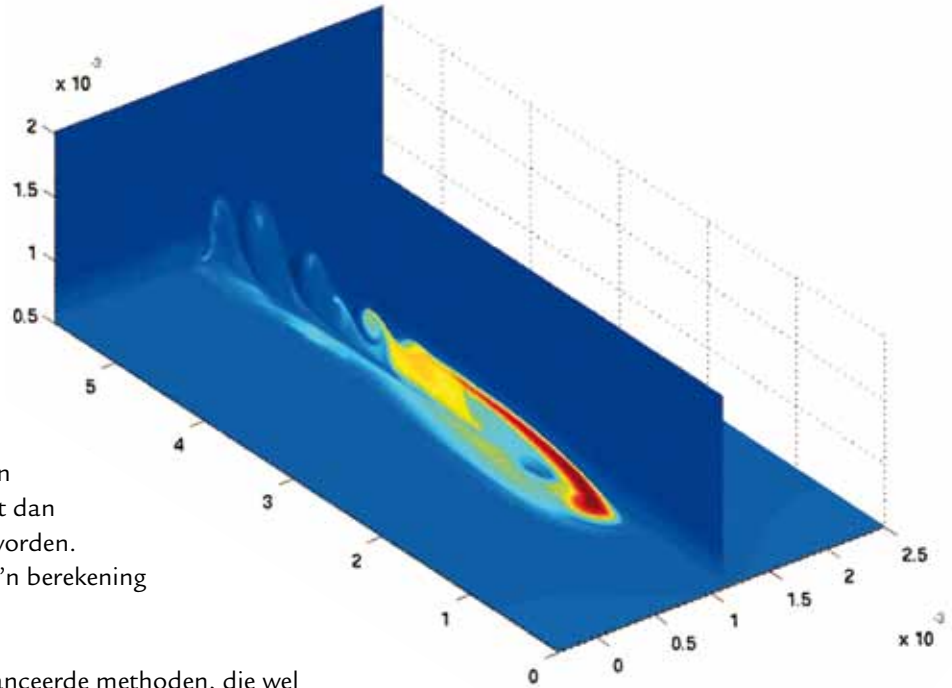


Turbulentie is eigenlijk een cascade van wervels. De grootste wervels vallen uiteen in kleinere wervels, die vervolgens weer in nog kleinere wervels uiteenvallen. Dit gaat door tot de allerkleinste wervels. Dat de bewegingen door turbulentie zelf moeilijk te voorspellen zouden zijn, is misschien niet eens zo belangrijk. Het karakter van de stroming verandert echter compleet. Voor bepaalde toepassingen, zoals menging, is turbulentie daarom juist plezierig. Heel wat chemische processen (in een verbrandingsmotor bijvoorbeeld) verlopen juist beter door turbulentie.



Als sinds Leonardo Da Vinci – bedenker van de naam turbulentie; hij noemde het turbolenza – drijft dit fenomeen ingenieurs en wetenschappers tot wanhoop. Lang werd gedacht dat het nooit zou lukken die wilde wervelingen in stromingen te begrijpen.

Toch is turbulentie tegenwoordig goed met een computer te simuleren. Maar dat betekent dat al snel de beperkingen van geheugenruimte en de problemen van zeer lange rekestijden te voorschijn komen. Voor zoiets eenvoudigs als het berekenen van turbulentie van water dat met 1 m/s door een buis van 1 m doorsnee stroomt is al bijna 1000 terabyte geheugen nodig, en op de oplossing moet dan nog zo'n vijftien jaar gewacht worden. Zelfs met supercomputers is zo'n berekening vooralsnog niet te doen.



Gelukkig bestaan er meer geavanceerde methoden, die wel tot realistische rekestijden leiden. De meeste zijn terug te voeren op de probabilistische beschrijving van turbulentie (**Reynolds** middeling). Een berekening met turbulentie duurt dan niet veel langer dan een berekening zonder, en alle belangrijke aspecten worden toch goed benaderd. Zo is nauwkeurig te voorspellen wat de wrijving zal zijn en hoe snel verschillende stoffen mengen. Deze modellen zijn echter alleen met gedegen kennis van zaken toe te passen. Een andere aanpak rekent alleen de grootste wervels uit. Doordat in de oplossing de wervels nu echt zichtbaar zijn, is het vaak gemakkelijker metingen in de simulatie te herkennen. Al zijn de wervelingen zichtbaar, door de kleinste weg te laten wordt de rekestijd aanzienlijk beperkt. Deze oplossing wordt vaak gebruikt wanneer een directe simulatie te duur is, maar de snelheid nog niet hoog genoeg is om andere soorten methoden te gebruiken.

turbulente stroming naarmate hij verder over de vleugel gaat. Bij turbulente stroming is de weerstand veel groter dan bij laminaire stroming, omdat bij turbulentie de lucht wild mengt en op die manier, vanaf de grond gemeten, veel meer stilstaande luchtdeeltjes op de bewegende vleugel botsen dan bij laminaire stroming. Deze remmen dus de vleugel sterker af. Turbulente stroming heeft echter het voordeel dat het later van de vleugel zal loslaten; dit is een belangrijk aspect om voor 'lift' te zorgen. Daarom hebben moderne verkeersvliegtuigen vaak kleine, enkele centimeters grote, 'spoilers' op hun vleugels. Deze maken de laminaire stroming op een gewenst punt turbulent zodat er uiteindelijk minder stuwkracht nodig is voor eenzelfde snelheid of lift.



Osbourne Reynolds

* 1842 Belfast – † 1912 Watchet, Engeland
Reynolds studeerde wiskunde in Cambridge.
In 1868 werd hij hoogleraar in Manchester, waar
hij zich voornamelijk bezighield met vloeistof-
dynamica. In 1883 definieerde hij het Getal van
Reynolds waarmee hij grote naamsbekendheid zou
verwerven. Dit dimensieloze getal wordt gebruikt om te bepalen
of een stroming laminair dan wel turbulent is. In 1877 werd hij
verkozen tot lid van de Royal Society.

