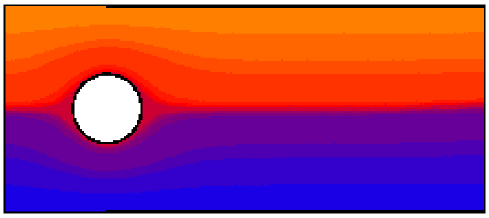
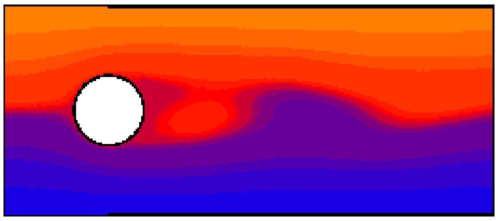
# Het wapperen van een vlag (numeriek bekeken)

Eenvoudige alledaagse verschijnselen zijn niet altijd eenvoudig te begrijpen of te bereken. We nemen hier als voorbeeld het wapperen van een vlag. Uit een eenvoudig experiment blijkt dat een vlag in een zachte bries min of meer stil hangt, terwijl hij gaat wapperen als de windsnelheid toeneemt. Dit experiment laat zien dat de stroming langs de vlag van karakter verandert. De rustige stroming wordt een laminaire stroming genoemd en is redelijk goed voorspelbaar en berekenbaar. Bij een snelle luchtstroming wordt de stroming turbulent. Tot op heden is het niet mogelijk om turbulente stromingen, die optreden bij alledaagse gebeurtenissen (luchtweerstand auto, vliegeigenschappen van een vliegtuig), met de computer door te rekenen.

In de video zien we een stroming om een cylinder berekend met een software pakket ontwikkeld bij de faculteit Technische Wiskunde en Informatica van de TU Delft. Met opzet is alleen de stroming om een cylinder bekeken. De vlag is weggelaten omdat dit de berekening behoorlijk zou vertragen. De stroming, die we zien is nog laminair, maar is een tussenstap op weg naar een volledig turbulente stroming. Ook in de berekende stroming zien we dat bij een lage snelheid de stroming niet verandert in de tijd en lijkt op de stroming langs een vlag in een zachte bries. Als de snelheid opgevoerd wordt blijkt dat de stroming hetzelfde blijft, dit



lage snelheid



hoge snelheid

lijkt in tegenspraak met de werkelijkheid. Als er echter een kleine verstoring in de stroming voor de cylinder aangebracht wordt, krijgen we een stroming met wervels (zoals getoond in de video). We zien dat het probleem nu meer dan één oplossing heeft: een instabiele stationaire stroming en een stabiele instationaire stroming.

Het uiteindelijke doel van de numerieke stromingsleer is het voorspellen van een turbulente stroming in een ingewikkelde situatie. Deze voorspellingen kunnen helpen bij het verminderen van (dure) windtunnelproeven, voorspellen van waterhoogten, stroming van bloed in de aorta etc. Zo ver zijn we nog niet, echter door het maken van betere (snellere) wiskundige methoden en het beschikbaar komen van snellere (parallelle) computers komen we wel steeds dichter in de buurt van ons doel.

De video kan ook thuis bekeken worden op het volgende internet adres:

http://dutita0.twi.tudelft.nl/users/vuik/cylinder.html

**TU Delft** **Vakgroep Toegepast Analyse**
**Technische Wiskunde en Informatica** **Sectie Numerieke Wiskunde**