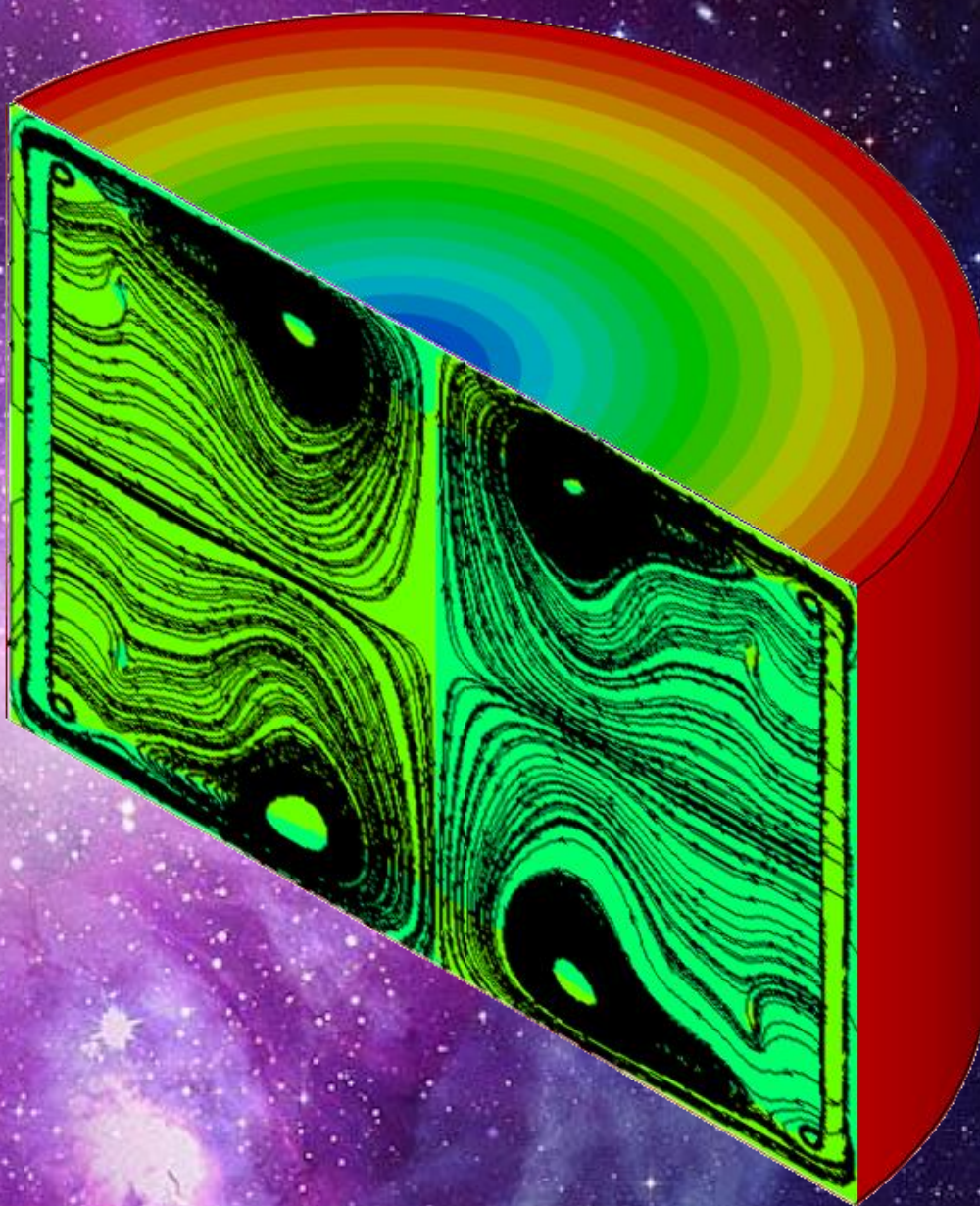


Simuleringar av bränslets rörelse för rymdfärden framåt

Dennis Kröger, Lunds Tekniska Högskola



Lunds Tekniska högskola samarbetar med European Space Agency för att undersöka möjligheten att simulera hur bränslet i en rakettank rör sig. Resultaten av undersökningen visar att det finns möjligheter att bespara miljonbelopp på dyra rymdexperiment genom att testa samma experiment under simulerade rymdförhållanden här på jorden. Kunskapen av dessa simuleringar kan göra morgondagens raketer både billigare och säkrare.

European Space Agency utvecklar sin nya Ariane 6 raket som ska ha sin första testflygning 2020. Den växande konkurrensen i rymdsektorn pressar för nya lösningar som gör rymdfärden billigare.

En stor kostnad för varje satellit som ska positioneras ut i en omloppsbana runt jorden är själva raketerna och bränslet som går åt för att frakta satelliten upp till dess omloppsbana. Den nya Ariane 6 raketerna ska göra detta billigare genom att frakta flera satelliter på en och samma uppskjutning. Det gör att kostnader per satellit kan minskas avsevärt och förbli konkurrenskraftigt.

Detta mål ställer helt nya krav på själva raketerna och dess motorer. För att en satellit ska kunna släppas i sin omloppsbana måste raketerna stanna motorn och minska sin fart. För att sedan starta motorn efter att en satellit släppts och fortsätta sin flygning till nästa satellit ska släppas. Den plötsliga rörelser av att raketerna stannar och startar igen kommer få bränslet att skvalpa runt i tanken.

Ett uppdrag varar ofta i flera månader vilket betyder att raketerna har med sig flera ton av bränsle i tanken. Om denna enorma mängd bränsle rör sig runt oväntat kan det destabilisera hela raketerna. För att kunna förhindra detta är det viktigt att förstå hur bränslet rör sig i tanken.

En del olika omständigheter, som att det sker i mikrogravitation och att det finns stora temperaturskillnader mellan bränslet och tankens väggar, medför att det är oerhört svårt att förutspå hur bränslet rör sig. Omständigheterna har förenklats kraftigt i den här forskningen för att kunna jämföras med experiment utförda här på jorden. Genom att jämföra experimenten med simuleringar går det att avgöra hur pass bra dessa simuleringar stämmer överens med verkligheten.

Simuleringar utförs med ett datorprogram som använder sig av CFD, Computational Fluid Dynamics. Det förenklade problemet består av en cylindrisk tank som är fylld med vatten och snurrar upp från stillastående till en viss hastighet. Tanken står upprätt och roterar kring sin egen axel. Både experiment och simuleringar och uppsatta likadant för att få jämförbara resultat.



Den nya Ariane 6 raketerna bredvid föregångaren Ariane 5.

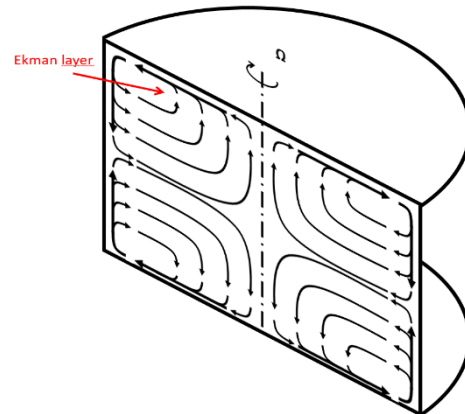
Resultaten har visat att även under väldigt förenklade förhållanden är det svårt att få en exakt överensstämmelse mellan experiment och simuleringar. Simuleringarna klarar dock av att försäga de mest distinkta flöden av vattnet som snurrar upp i tanken.

T.ex. så sker det ett sekundärt flöde i vattnet när det snurrar upp. Detta sekundära flöde som får sin energi från botten och toppen av tanken har visat sig påverka flödet markant. Detta fenomen hittas även i vardagen när du t.ex. rör om ditt te. Det som händer när du slutar att röra om är att alla teblad samlas i mitten av din mugg. Resultaten från simuleringarna visar att detta flöde även går att förutspå med hjälp av CFD. Det sekundära flödet kallas Ekman pumping och visas i figuren bredvid.

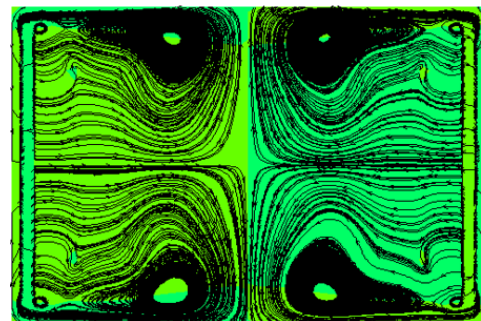
Även en tank halvfylld med vatten har testats. Experimenten visar att ytan utvecklar en parabolisk form allt eftersom vattnet ökar i hastighet. Simuleringen på samma uppsättning lyckas förutspå denna paraboliska form av vattenytan. Resultatet är visualiserat i figuren bredvid. En tydlig parabolisk yta syns.

När man jämför experiment mot simuleringar på en mer detaljerad nivå blir det dock tydligt att det fortfarande finns mycket som kan förbättras när det kommer till CFD. Simuleringarna lyckas inte förutspå rätt tid som krävs för vattnet och snurra upp och den paraboliska ytan som utvecklas har inte rätt höjd jämfört med experimenten.

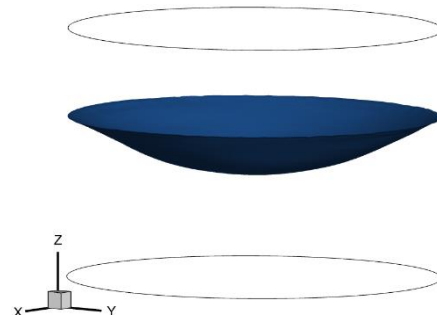
Flera av de förväntade beteenden hos vattnet som visats med experiment har kunnat modellera med CFD. Detta ger hoppet att dessa modeller kan hjälpa till med utveckling och design av framtida raket och dess bränsletank. En klar begränsning idag är den brist på data vi har på hur vätskor beter sig i rymden. Med mer information om detta kan programmen förbättras och anpassas till rymdförhållanden och därmed förutspå bränslet rörelse med större noggrannhet. Detta kan ge en billigare och säkrare rymdfärd.



Ekman pumping visat på ett vertikalt snitt genom den cylindriska tanken.



Resultatet från simuleringar visar på Ekman pumping.



Den paraboliska vatten utan som uppstår visat med simulering.