

TRANSPORTEREN VAN IJSBERGEN BLIJKT HAALBAAR

Poolwater uit de kraan

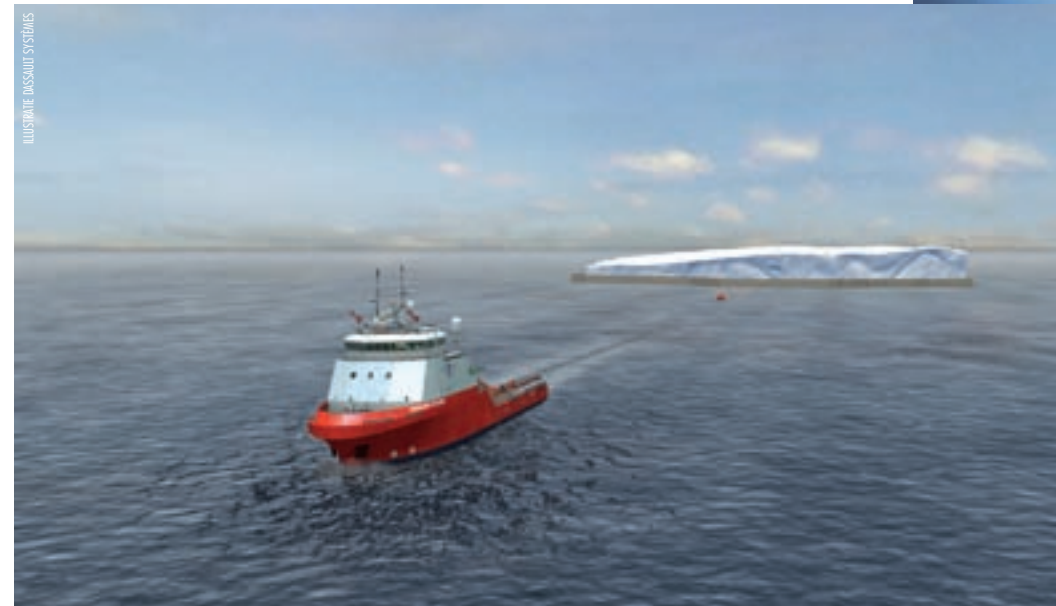
IN DE JAREN VIJFTIG ONTSTOND HET PLAN IJSBERGEN TE VERSLEPEN NAAR GEBIEDEN MET EEN TEKORT AAN ZOET WATER. TOT NU TOE LEEK DAT ONHAALBAAR. MAAR COMPUTERSIMULATIES VAN HET FRANSE DASSAULT SYSTÈMES LATEN ZIEN DAT HET TOCH MOGELIJK IS. DE IJSBERGEN MOETEN DAN WEL EEN THERMISCH ISOLERENDE ROK AAN.

OP VEEL PLAATSEN IN DE WERELD is de beschikbaarheid van schoon drinkwater niet vanzelfsprekend. Soms is er weinig water voorhanden en soms is er vooral zeewater. Landen als de Verenigde Arabische Emiraten bouwen daarom ontziltingsinstallaties. Maar het ontzilten van zeewater is duur: de benodigde infrastructuur vergt forse investeringen en het proces verbruikt veel energie. Onder-tussen neemt de urgentie van het probleem toe. Door de opwarming van de aarde wordt het weer extremer. In natte gebieden valt vaker en meer regen, en droge gebieden worden langzaamaan nog droger.

De laatste jaren is hernieuwde interesse ontstaan in het verslepen van ijsbergen, omdat die kant-en-klaar relatief schoon water bevatten. Ze moeten alleen nog over duizenden kilometers worden verplaatst.

Dit nogal onorthodoxe idee ontstond in de jaren vijftig van de vorige eeuw in het Amerikaanse leger. In de jaren zeventig kwam het pas echt van de grond. De Saudische prins Mohammed al Faisal richtte er het bedrijf Iceberg Transport International voor op.

Het enthousiasme was groot, maar de betrokkenen liepen tegen tal van praktische problemen aan. Het was niet eenvoudig te bepa-



Uit het IceDream-project blijkt dat een enkele sleepboot met een trekkracht van 130 ton voldoende moet zijn om een middelgrote ijsberg op de juiste koers te houden.

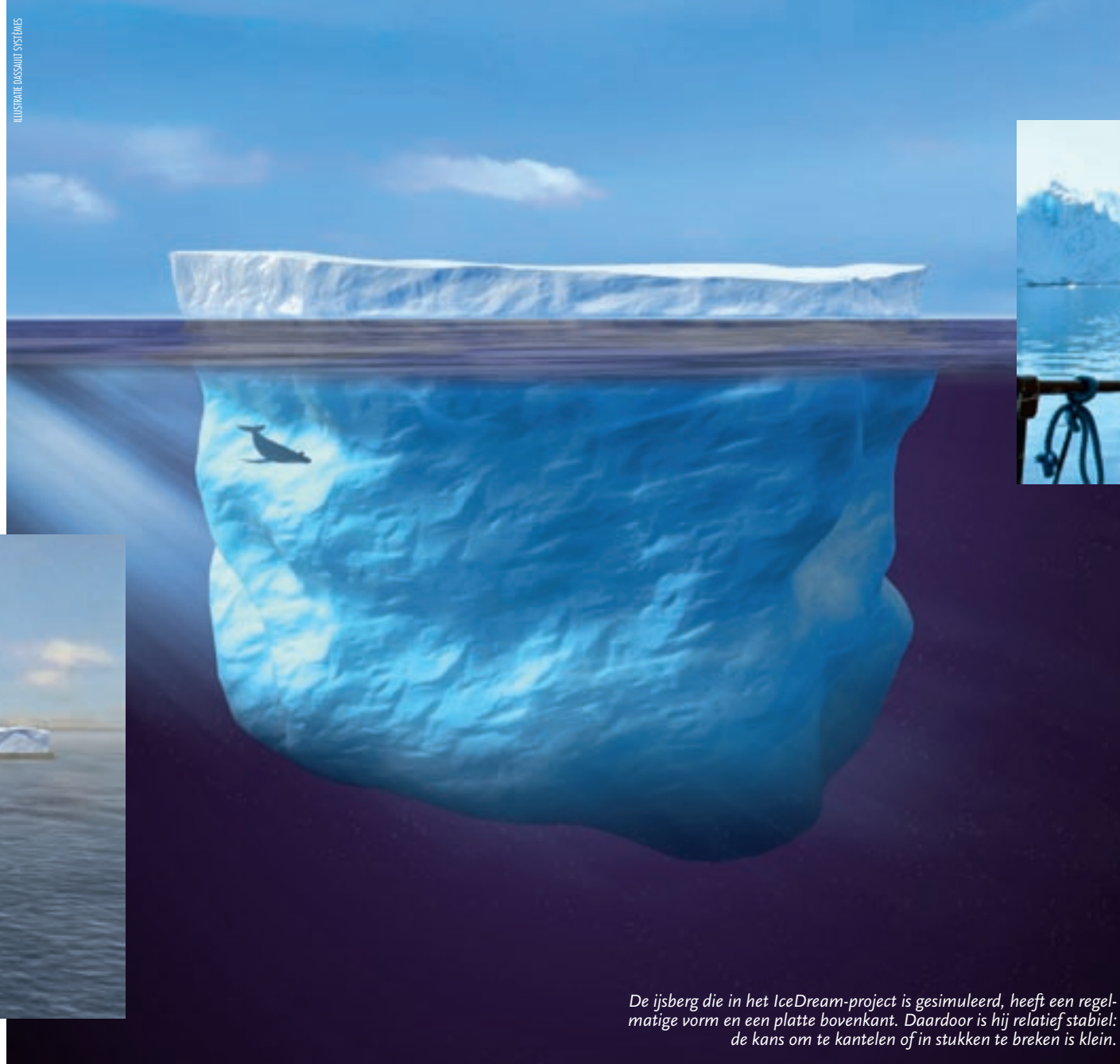
len welke ijsbergen geschikt waren voor transport. Niemand wist hoe te voorkomen dat zo'n enorme brok ijs brak of gesmolten was tegen de tijd dat hij op de plaats van bestemming aankwam. Op zoek naar antwoorden waren de experts het lang niet altijd met

elkaar eens. En om experimenten uit te voeren op een enigszins representatieve schaal waren enorme budgetten nodig, die niet te vinden bleken. De belangstelling voor de ijsbergen verwaterde.

Tot Georges Mougin, die destijds technisch directeur van Iceberg Transport International was, vijf jaar geleden een film zag met visualisaties van het Franse bedrijf Dassault Systèmes. De film ging over de controversiële theorieën van de Franse architect Jean-Pierre Houdin over het bouwen van piramides in Egypte. Dassault Systèmes had driedimensionale visualisaties gemaakt van de binnenkant van de piramide van Khufu. Bij ijsbergspecialist Mougin groeide het besef dat de simulatiesoftware van Dassault ook hem misschien verder kon helpen.

Hij klopte aan bij het hoofdkantoor van Dassault Systèmes in Parijs. En niet tevergeefs. 'Wij hebben een sponsorprogramma waarin we gepassioneerde mensen helpen die een goed, innovatief idee hebben', vertelt Cédric Simard MSc, projectmanager bij

ILLUSTRATIE DASSAULT SYSTÈMES



De ijsberg die in het IceDream-project is gesimuleerd, heeft een regelmatigere vorm en een platte bovenkant. Daardoor is hij relatief stabiel: de kans om te kantelen of in stukken te breken is klein.

Ingenieur Georges Mougin gelooft al decennia dat het mogelijk moet zijn ijsbergen naar gebieden met drinkwatertekorten te slepen.

ten meteorologische en oceanografische data gebruikt uit een bepaald referentiejaar', aldus Simard. 'Satellieten, weerballonnen en zeeboeien verzamelen die getallen voortdurend.' Trad er op dag drie van de referentieperiode bijvoorbeeld een stevige storm op, dan kreeg de ijsberg die ook virtueel voor zijn kiezen.

Daarnaast is er het simuleren van de ijsberg zelf. Belangrijke kenmerken zoals de afmetingen en fysische eigenschappen zoals de dichtheid en warmtegeleidingseigenschappen van het ijs dienen als input voor de berekeningen. Hiervoor is de berg virtueel in kleine stukjes opgedeeld, die in de computer aan een eindige-elementen-simulatie worden onderworpen. Dat betekent dat de krachten op en de warmtestromen

door al die elementjes op basis van een aantal fysische basisvergelijkingen worden berekend.

Eerst rekent de software uit hoe het water langs het oppervlak van de berg stroomt, dit is de hydraulische simulatie. Op basis hiervan vindt de thermisch simulatie plaats: hoe lopen de warmtestromen tussen het stromende water en het statische ijs? Dit geeft als het goed is een behoorlijke benadering van het wel en wee van de ijsberg, bijvoorbeeld hoe hij vervormt en hoe snel het smeltproces gaat.

Een cruciale factor voor de haalbaarheid van ijstransporten is de snelheid waarmee het ijs smelt. Er moet bij het eindpunt nog wel een substantieel deel over zijn om de operatie rendabel te houden. Uit de berekeningen blijkt dat de zijkant van de ijsberg verreweg

vend ijs voorhanden is afkomstig van gletsjers. Op de Canarische eilanden is juist een groeiend tekort aan zoet water. Mougin wilde niet alleen laten zien dat de mens in staat is ijsbergen te verslepen, maar ook dat dit economisch interessant kan zijn.

De ijsberg in de virtuele testcase is gebaseerd op een werkelijk voor de kust van Newfoundland opgemeten exemplaar. Het blok weegt 7 miljoen ton, is 163 m hoog, 236 m lang en 189 m breed, en heeft een vlakke bovenzijde. Goed voor miljoenen liters schoon water. Dankzij zijn regelmatige vorm en platte bovenkant is dit type berg stabiel: hij heeft de kleinste kans om te kantelen of in stukken te breken. Door deze vorm smelt hij ook langzamer dan ijsbergen die breukvlakken hebben als een ster.

De simulatie bestaat uit een paar onderdelen. Om te beginnen wordt de weg nagebootst die de ijsberg aflegt onder invloed van de sleepboot, de wind, de zeestromen en de Corioliskracht (kracht onder invloed van de draaiing van de aarde). 'We hebben hiervoor geme-

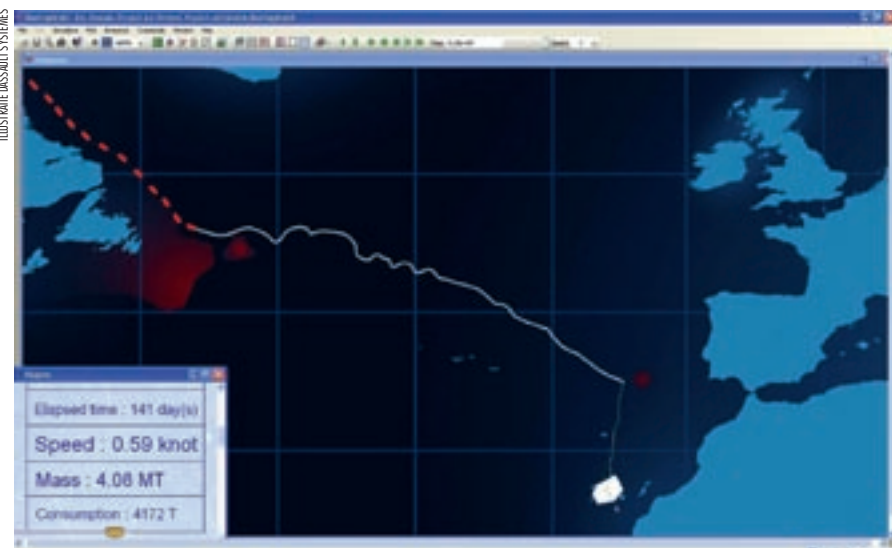
Dassault. Zo zag het project IceDream het daglicht.

Door in drie dimensies de reis van een ijsberg over zee te simuleren, kon de haalbaarheid van *assisted drifting* worden onderzocht. De voordelen van deze manier van werken zijn duidelijk. Er is geen miljoenenbudget nodig, en ook levert het geen risico's op voor mens en milieu. Bovendien biedt de simulatiesoftware de flexibiliteit om de reis door te rekenen met steeds verschillende parameters, zoals weersomstandigheden, het aantal sleepkabels en de stuurstrategie. Simard: 'Wij hebben Mougin kunnen helpen met onze modernste simulatie- en visualisatiesoftware, maar het is wel altijd zijn eigen project gebleven.'

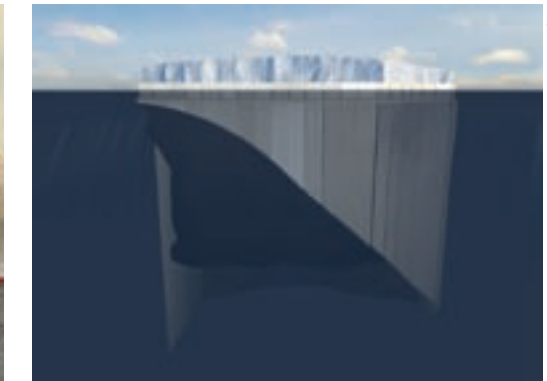
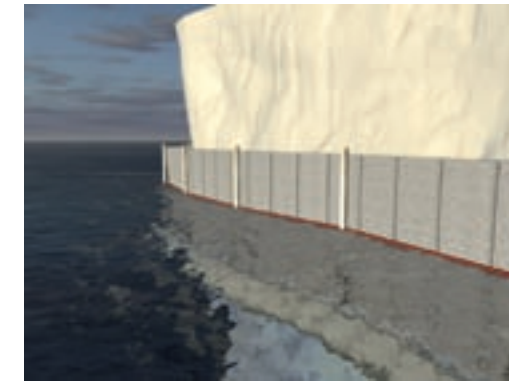
CANARISCHE EILANDEN

Mougin en Dassault onderzochten of het verslepen van een ijsberg van Newfoundland naar de Canarische eilanden haalbaar is. Ze kozen voor deze case, omdat in het juiste seizoen ten oosten van Canada voldoende drij-

De schort voor de ijsberg steekt 6 m boven water uit en gaat tot 6 m diep



Uit een deel-simulatie volgt de weg die de ijsberg aflegt onder invloed van sleepboot, wind, zeestromen en de Corioliskracht (kracht onder invloed van de draaiing van de aarde). Hiervoor zijn meteorologische en oceanografische meetdata gebruikt.



Om het verslepen van ijsbergen tot een succes te maken, is het cruciaal dat het smeltproces tijdens transport wordt vertraagd. Daarom hebben Georges Mougin en zijn projectpartner François Mauviel een isolerende jas ontworpen die in zijn geheel om de ijsberg komt te zitten. Deze rok is opgebouwd uit vele verticale strips, die aan een op het water drijvende gordel hangen. De rok steekt 6 m boven het water uit om golven af te schermen, maar gaat ook tot 6 m diep, omdat de bovenste laag zeewater het warmst is. Eerst brengen sleepboten die de gordel om de ijsberg heen. In de gordel zitten de strips opgerold, de zwaartekracht moet er vervolgens voor zorgen dat de strips zich geheel ontvouwen.

het snelste smelt. Daarom heeft François Mauviel – al jarenlang Mougins projectpartner – een isolerend kunststof doek ontworpen die in zijn geheel om de ijsberg moet zitten. Deze rok is opgebouwd uit verticale strips van polyetheentereftalaat, die aan een gordel hangen die op het water drijft. De schort steekt 6 m boven het water uit om golven af te schermen, maar gaat ook tot 6 m diep, omdat de bovenste laag zeewater het warmst is. Het afschermen van het ijs van de zon heeft weinig zin, omdat het witte ijs zonlicht voor het grootste deel reflecteert.

Wanneer de berg aan zijn reis begint, smelt het ijs een beetje en tussen de rok en de berg komt koud water te zitten. Dit schermt de ijsberg af van de warmere zeestromen. De werking is enigszins te vergelijken met dubbel glas, waarbij stilstaande lucht voor de isolatie zorgt. In de simulaties verliest de ijsberg tussen Newfoundland en de Canarische Eilanden tussen 30 en 40 % van zijn ijs.

Projectmanager Simard van Dassault Systèmes verwacht dat het isolatieschort nog de grootste technische uitdaging zou kunnen worden. ‘We hebben gerekend met de materiaaleigenschappen zoals de fabrikant ze opgeeft. Maar pas wanneer je echt zo’n ding gaat bouwen, kom je erachter hoe goed hij functioneert. Het onder water ontvouwen van het schort is ook niet eenvoudig.’

Uit de simulaties volgen belangrijke aanwijzingen voor de sleepstrategie. Vergeleken met de krachten die oceaanstromingen op ijsbergen uitoefenen, hebben sleepbootjes maar weinig te betekenen. Komt een ijsberg eenmaal in een zogeheten *eddy* terecht – een ronddraaiende oceaanstroming van soms wel honderden kilometers in doorsnede – dan krijgt geen sleepboot hem er weer uit. Dan is het afwachten totdat de berg weer aan de invloedsfeer van de stroming ontsnapt.

‘Je moet die stromingen dus zien te vermijden’, zegt Simard. ‘Maar we hebben ook

geleerd dat we stromingen in ons voordeel kunnen gebruiken. Uit de simulaties blijkt duidelijk dat het slepen van ijsbergen puur om de kracht van sleepboten economisch niet interessant is. Maar zodra we de natuurlijke stromingen voor ons kunnen laten werken, wordt het leuk: die werken dan als een grote lopende band. Mougin had dus gelijk, met zijn theorie over assisted drifting.’

Uit het IceDream-project blijkt dat een enkele boot met een trekkracht van 130 ton hiervoor voldoende moet zijn. De ideale snelheid van de berg ligt rond de 1,8 km/h. De reis van Newfoundland naar de Canarische eilanden is zo in ongeveer 140 dagen af te leggen.

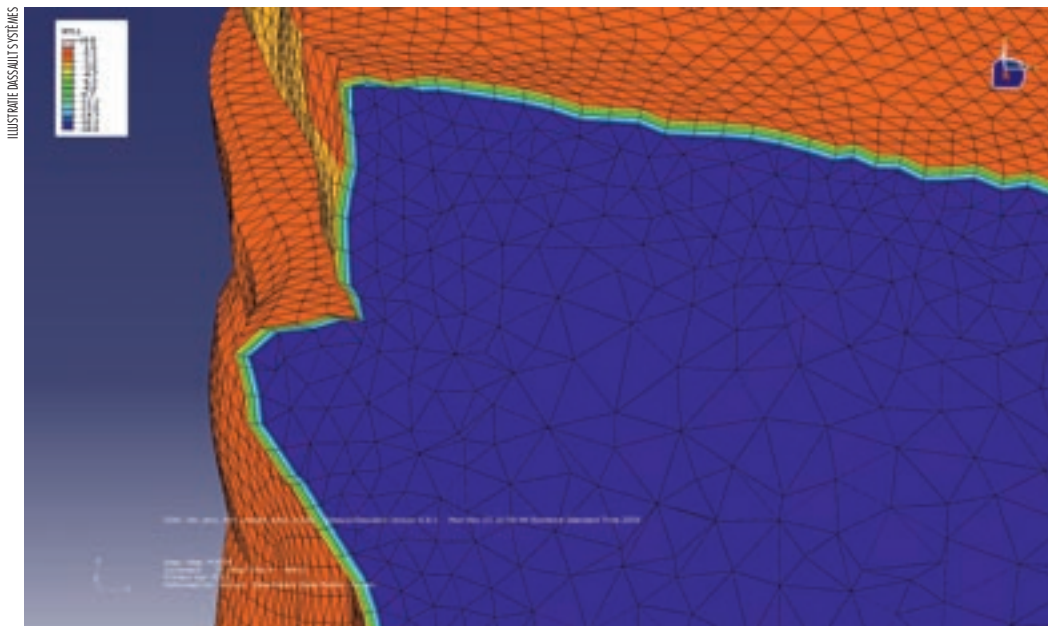
Als een ijsberg in een ‘eddy’ terechtkomt, krijgt geen sleepboot hem er weer uit

Als aan alle technische voorwaarden is voldaan om het drijfijfs te ‘oogsten’, kunnen bergen worden geselecteerd die aan de juiste kenmerken voldoen. Dit kan gebeuren met onbemande vliegtuigjes, die met radar de vorm van een ijsberg meten en eventuele interne scheuren kunnen waarnemen.

Het IceDream-project is anno 2011 mogelijk doordat er veel meer gegevens beschikbaar zijn over de wereldzeeën dan decennia geleden. ‘Wij liepen begin jaren tachtig vast op een gebrek aan goede data over de oceanen’, zegt Mougin. Onder meer dankzij satellieten zijn nu in realtime gegevens bekend als temperaturen, stromingen en zoutgehaltes. Net als van het weer worden hiermee voorspellingen gemaakt voor de komende dagen, zodat de kapitein van de sleepboot zijn strategie hierop kan afstemmen.

Mougin is nu op zoek naar commerciële partijen om de volgende stap te kunnen zetten: de eerste praktijktests bij Newfoundland. ●

www.3ds.com/icedream



Om te berekenen wat er onderweg met de ijsberg gebeurt, is deze virtueel in kleine stukjes opgedeeld. De computer onderwerpt deze aan een eindige-elementen-simulatie van onder meer krachten en warmtestromen. Hieruit volgt hoe de berg vervormt en hoe snel het smeltproces gaat.