



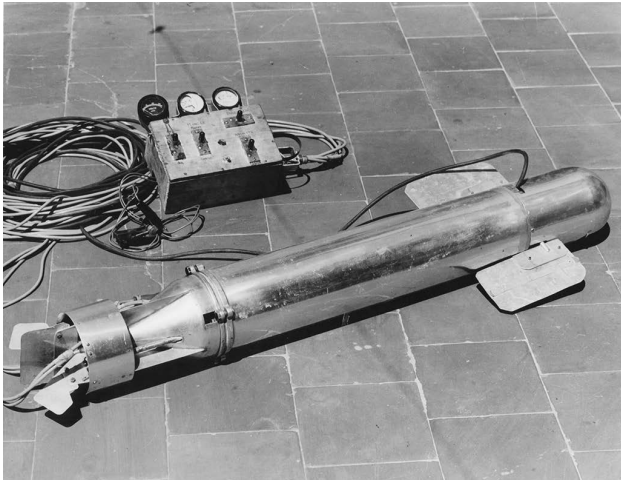
Op 20 november 2020 voer de USV 'Adhemar' als eerste Belgische onbemande vaartuig, onder begeleiding van piloten op afstand, de zeehaven van Oostende buiten en binnen. © VLIZ (Wieter Boone)

# REVOLUTIE IN ZEEROBOTICA

*Kobus Langedock<sup>1</sup>*

Vrijdag 20 november 2020, midden in de tweede lockdown. Het onbemande vaartuig Adhemar heeft er een dag geluidsmetingen opzitten voor de kust als het onbemand de haven van Oostende binnenvaart. Terwijl twee operatoren van het VLIZ Marine Robotics Center de missie overzien vanuit een controlecentrum in Oostende, wachten de wetenschappers thuis op de verzamelde data. Honderd jaar geleden moest een volledig bemand schip op zee gaan om met een lood aan een touw de diepte te meten. Momenteel verzamelt een waaier aan 'robots' op elk moment gigabytes aan data op zee. Mariene robots veroorzaken dan ook een revolutie binnen het zee-onderzoek. Ze bestaan in vele maten en gewichten, en ook Vlaanderen zet zijn beste beentje voor om deze boot niet te missen!

<sup>1</sup> Kobus Langedock; VLIZ; [kobus.langedock@vliz.be](mailto:kobus.langedock@vliz.be)



In 1952 ontwikkelden Dimitri en Ada Rebikoff de eerste onderwaterscooter, de "Torpille", die evolueerde tot het eerste op afstand bediende onderwatervoertuig, de "POODLE". © Rebikoff-Niggeler Foundation



De ROV 'Zonnebloem' van het VLIZ, is uitgerust met lasers, camera's, sonars, een grijpparm en vaart met een precisie van een paar centimeter tot op 1300 meter diepte. © VLIZ (Decombel)

## DE TOUWTJES IN HANDEN, OF IN HET WATER, MET DE 'ROV'

In tegenstelling tot robots in science fiction films, lijken mariene robots niet op gemechaniseerde mensen. Ze bestaan in tal van vormen en afmetingen, maar een zaak hebben ze gemeen: ze voeren complexe, geautomatiseerde taken uit onder, op of boven het zeeoppervlak. Een van de hoofdcategorieën zijn de ROV's, of 'Remotely Operated Vehicles'. Zoals de naam al aangeeft, wordt een ROV vanop afstand bestuurd. De eerste ROV zag het licht in 1953, toen Dimitri en Ada Rebikoff, pioniers in onderwaterfotografie, de POODLE ontwikkelden. Dit mini-duikbootje was via een kabel verbonden met de bestuurders boven water en kon dieper, langer en veiliger onder water blijven dan duikers. Hoewel nagenoeg elke goedkope speelgoedauto of vliegende drone draadloos is, hebben zelfs de meest moderne onderwater ROV's nog steeds een kabel. Draadloze besturing gebeurt namelijk via elektromagnetische golven, en die dringen zeer slecht door in water. Water is dan wel een goede geleider voor geluidsgolven, maar via geluidsgolven kan slechts een kleine hoeveelheid informatie worden verstuurd, en bovendien is het bereik beperkt. Een moderne ROV, zoals 'Zonnebloem' van het VLIZ, is uitgerust met lasers, camera's, sonars, een grijpparm en vaart met een precisie van een paar centimeter tot op 1300 meter diepte. De bestuurder dient dus grote hoeveelheden informatie uit te wisselen met de robot, wat draadloos onmogelijk is. De kabel van ROV Zonnebloem is niet enkel geschikt voor het doorsturen van informatie. Het is meteen ook de voedingskabel, waardoor deze robot in theorie onbeperkt kan blijven opereren.

Uiteraard sleept de robot daardoor ook steeds vele meters dikke kabel achter zich aan, wat de bewegingsvrijheid beperkt. Andere toestellen werken daarom op batterijen en gebruiken flinterdunne glasvezelkabels als communicatielink. Voor snelle, kleine ROV's die telkens slechts een paar uur varen, is dat vaak makkelijker.

**“ DE PROCESSEN DIE WETENSCHAPPERS METEN, VARIËREN IN TIJDSCHAAL EN IN GROOTTE. OM HET EETGEDRAG VAN ÉÉN GARNAAL TE BESTUDEREN GEBRUIK JE EEN ANDER APPARAAT DAN OM DE EVOLUTIE VAN IJSKAPPEN TE METEN. ”**

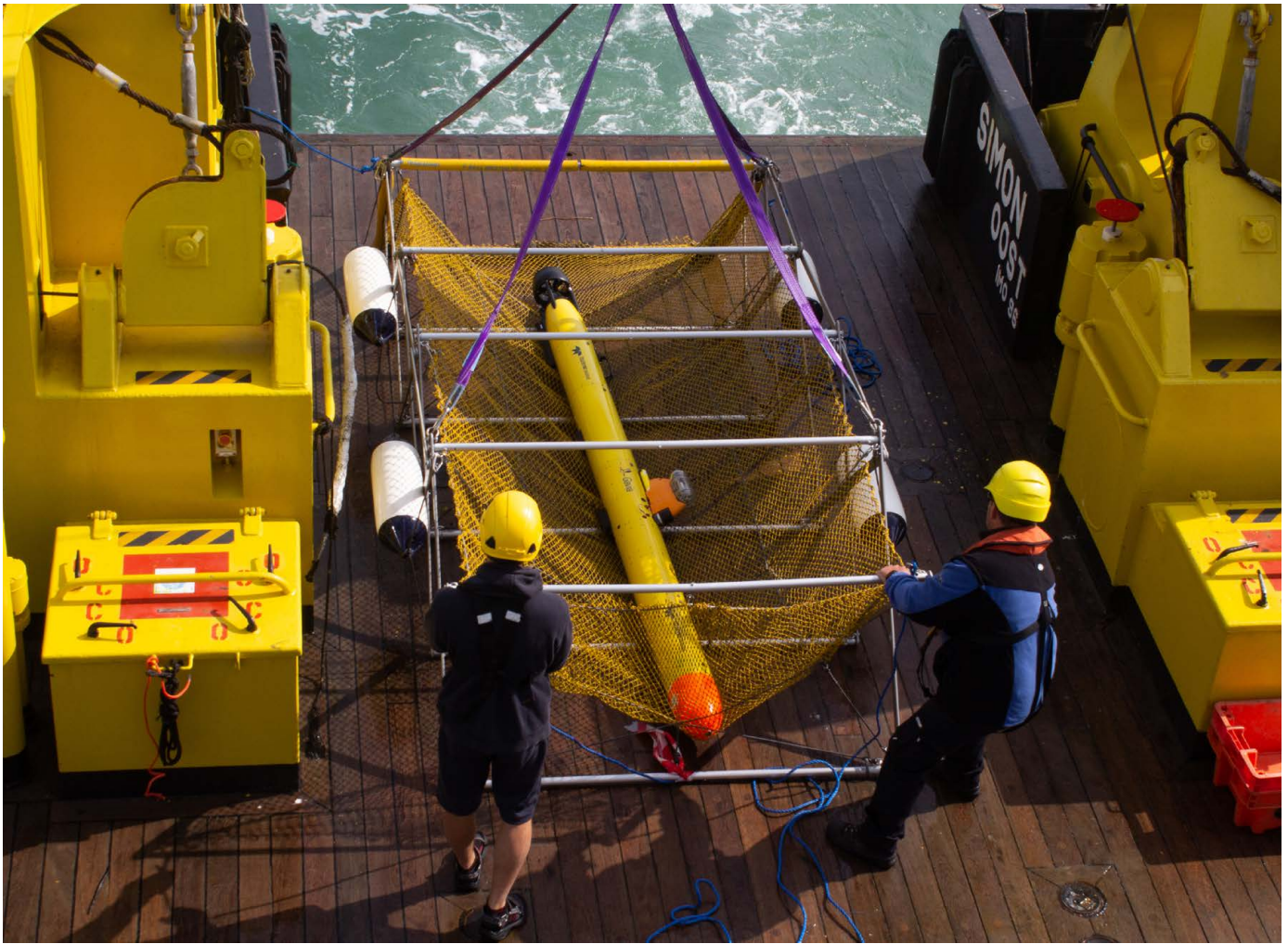
### TROSSEN LOS: DE 'AUV'

Aangezien de ROV aan een kabel hangt, is ze steeds afhankelijk van een moederplatform aan het wateroppervlak en van directe sturingen van de "piloot". Een alternatief is om de robot te voorzien van een autopiloot. Die zorgt ervoor dat de robot zelfstandig en zonder kabel een bepaald vaarpatroon volgt. In plaats van een ROV, spreekt men dan

van een AUV, een 'Autonomous Underwater Vehicle' (of ook wel: UUV, d.i. 'Unmanned Underwater Vehicle'). Gezien de beperkte bandbreedte van het water, slaan AUV's de gegevens die ze verzamelen op zodat de operator die achteraf kan downloaden. AUV's hebben tal van voordelen ten opzichte van ROV's. Ze kunnen varen waar het moederschip van een ROV niet kan komen, zoals in ondiep water of onder ijs. Ze kunnen zeer diep duiken zonder kilometers kabel achter zich aan te sleuren. En ze zijn in staat om wekenlang op zee te blijven terwijl de onderzoekers rustig thuis zitten.

Maar er zijn ook nadelen. De meeste positioneringssystemen (GNSS), waaronder GPS, gebruiken elektromagnetische golven. Van zodra een AUV duikt, krijgt deze geen informatie meer over zijn positie, en gaat hij aan het rekenen. Met behulp van interne sensoren die elke beweging meten, schat de AUV waar hij zich ongeveer bevindt. De fout wordt, zoals bij een duikboot, steeds groter. En wanneer de foutenmarge te groot wordt, komt de AUV naar het oppervlak. Daar neemt ze een nieuwe "fix". Het is echter niet altijd wenselijk dat de robot naar boven komt, bijvoorbeeld wanneer deze zeer diep zit of onder het ijs. In dat geval gebruikt de robot akoestische bakens (zoals een boei of een schip) om haar positie opnieuw te bepalen.

Door de grote technologische ontwikkelingen evolueren AUV's de laatste jaren zeer snel. Batterijen winnen aan kracht, elektronica wordt kleiner en netwerken sneller. Een AUV kan daardoor steeds autonomer, verder en langer opereren. De AUV 'Barabas' van het VLIZ kan tot 8 uur varen in dieptes tot 1000m diep, veel dieper dus dan de Noordzee, met een waaier aan sensoren 'aan boord'. De side-scan-sonar



De AUV 'Barabas' van het VLIZ kan tot 8 uur varen in dieptes tot 1000m diep en heeft een waaier aan sensoren 'aan boord'. © VLIZ (Janne Wittoeck)

kan tegelijk hoge resolutie sonarbeelden van de zeebodem maken en dieptemetingen doen. Een sub-bottom-profiler bekijkt de aardlagen in de bodem. De camera maakt beelden bij minimaal licht, terwijl dopplersystemen zeestromingen meten, en tal van andere sensoren de karakteristieken van het zeewater bepalen. Met zijn hydrodynamische vorm en krachtige voortstuwing, kan Barabas aan meer dan 10 kilometer per uur varen. Dat is in de Noordzee, gezien de zeer sterke stromingen, geen overbodige luxe.

Maar wat als je geen uren, maar weken of maanden wilt meten? Ook daar bestaan AUV's voor, maar dan met een alternatieve bouw. Zo zijn er de zogenaamde 'profilers': kleine robots die met de stroming meedrijven en voorzien zijn van een antenne, sensoren en een pomp. Door vloeistoffen te verpompen passen ze hun drijfvermogen aan. Zo kunnen ze kiezen of ze zinken, drijven, of op een bepaalde diepte blijven zweven. Floats hebben geen eigen voortstuwing en gaan gewoon mee met de stroming. Daardoor gebruiken ze ook zeer weinig energie en kunnen soms

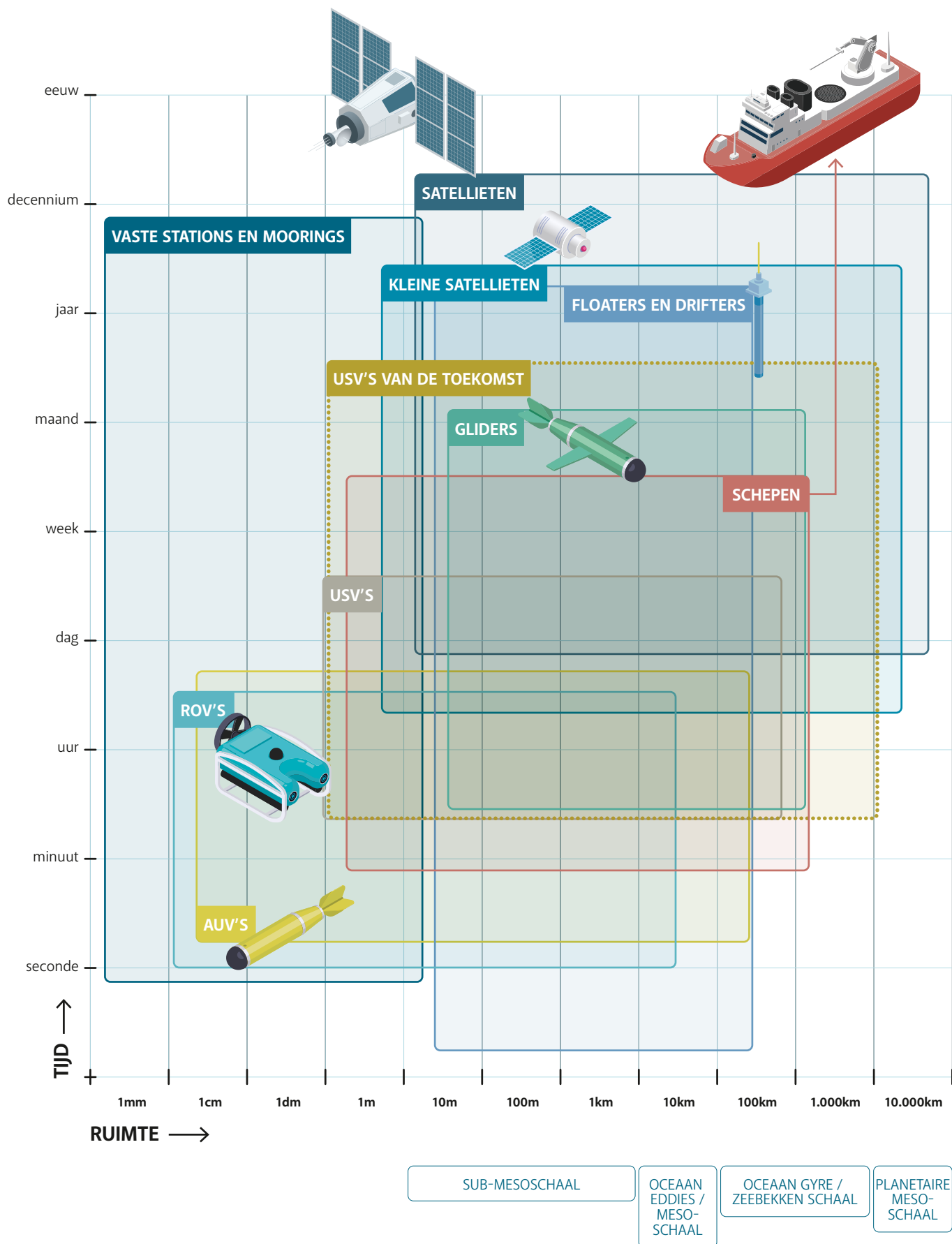
jaren meegaan. Een variatie op de float is de 'glider'. Ook gliders stijgen en dalen in de waterkolom door vloeistof te verpompen. Alleen gaan ze, dankzij hun vleugels en een roer, ook vooruit bij het stijgen en dalen. Ze halen snelheden tot 1 knoop (1,8 km/u). In de Noordzee is dit te traag om tegen de stroom in te varen. Maar in de open oceaan laat hen dit toe om wekenlang te varen en grote afstanden af te leggen.

## DE STUURLUI STAAN AAN WAL: HIER IS DE 'USV'

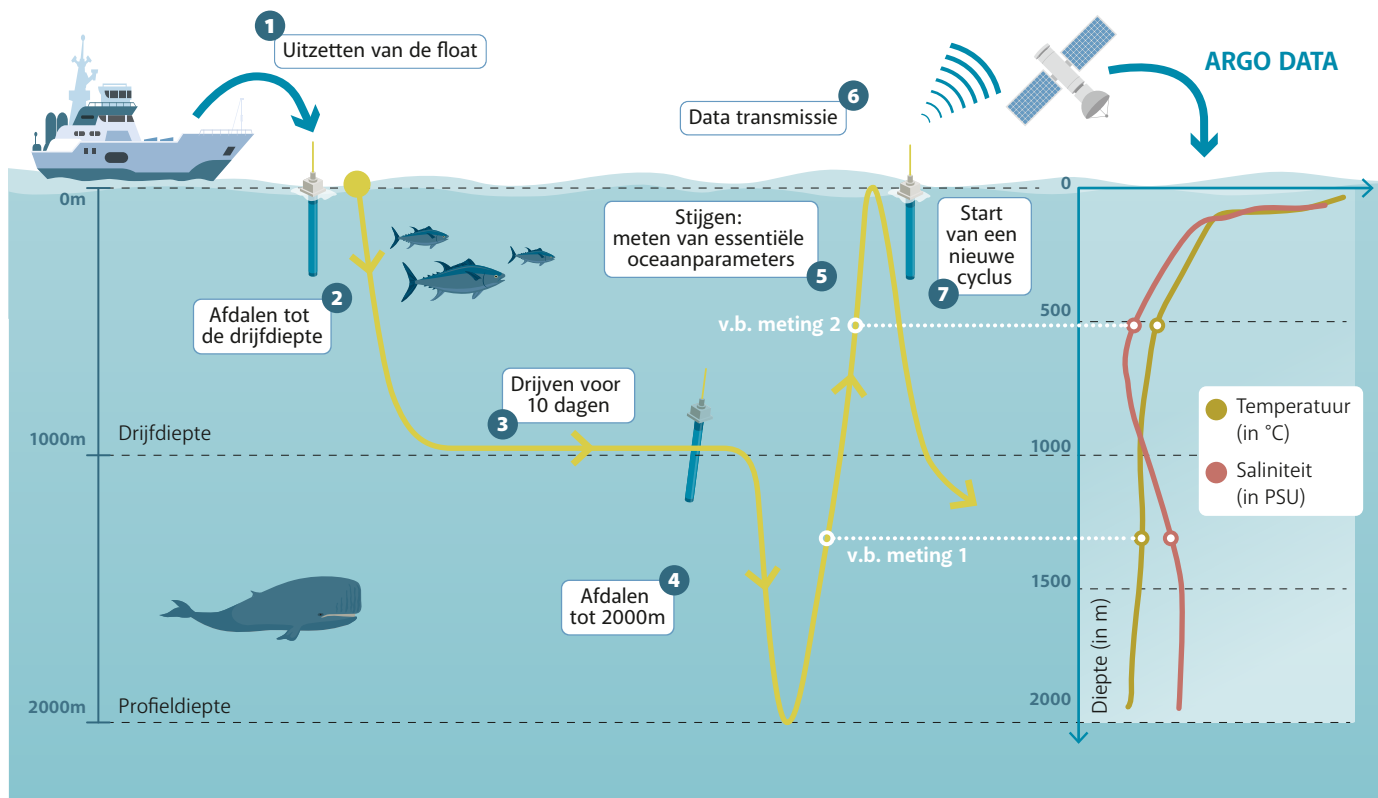
Oceanografie beperkt zich niet tot wat zich onder het wateroppervlak afspeelt. Zo maakt de wisselwerking tussen het water en de atmosfeer een belangrijk deel uit van het onderzoek naar klimaatverandering. Daarom beschikt het VLIZ ook over een onbemand oppervlakteschip of 'Unmanned Surface Vessel' (USV). USV 'Adhemar' kan tot weken autonoom op zee blijven dankzij zonnepanelen en een bijzondere voortstuwing. Die laatste bestaat uit twee grote vinnen onder de romp die doen denken aan de

staartvin van een walvis. De inspiratie om dit soort vinnen in te zetten bij voortbeweging aan het zeeoppervlak, komt uit de walvisvaart. Wanneer de staart van een walvis door de beweging van de golven op een neer bewoog, kwam het voor dat het reeds gedode dier alsnog aan een snelheid tot 1 knoop (circa 1,8 km/u) wegdreef, wat uiteraard niet wenselijk was. Adhemar vaart op dezelfde manier. Wanneer de romp onder invloed van de golven beweegt, creëren de vinnen een voorwaartse snelheid tot 3 knopen of zo'n 5 km/u. Deze manier van voortbewegen is niet alleen efficiënt, ze verloopt ook uitermate stil wat de USV zeer geschikt maakt voor het meten van onderwatergeluid.

Niet alle USV's hebben vinnen. Voor commerciële en militaire toepassing zijn er meerdere onbemande systemen op de markt die in essentie een normale boot zijn, zij het met een computer of een afstandsbediening aan boord in plaats van een schipper. De inzet van onbemande vaartuigen biedt heel wat voordelen. Het laat mensen toe om gevaarlijke omgevingen te vermijden. Tevens



*In de oceaan vinden allerlei processen plaats, van minuscule bliksemsnelle chemische reacties tot globale evoluties die eeuwen duren. Om die processen die plaatsvinden over verschillende schalen in tijd en ruimte te kunnen bestuderen, bestaan er heel wat verschillende types robots, gaande van vaste stations tot satellieten, die elk hun sterktes en beperkingen hebben.*



In het internationale Argo-project verzamelen bijna 4000 floats wereldwijd informatie over de temperatuur en het zoutgehalte van de oceaan. Het project is een van de belangrijkste bronnen van informatie voor het onderzoek naar klimaatverandering. (Bron: Argo program, Thomas Haessig)

kunnen deze boten efficiënter worden gebouwd: geen kans op zeeziekte, geen slaapverblijven, geen keuken, geen sanitair,... Er zijn natuurlijk belangrijke wettelijke beperkingen. Net zomin als onbemande auto's al over de openbare weg rijden, varen onbemande schepen nu al zelfstandig door de vaak drukke zeestraten. USV's moeten immers aan dezelfde regels voldoen als reguliere schepen en steeds bewaakt of zelfs rechtstreeks bestuurd worden door gekwalificeerde zeevarenden. Op technisch vlak zijn volledig onbemande systemen zo stilaan echter wel al mogelijk.

## ZIJN 'LANDERS' EN 'MOORINGS' OOK MARIENE ROBOTS?

Bij de term "robot", denkt men vaak aan bewegende machines. Toch hoeft dit niet per se. In de zeewetenschappen gebruikt men bijvoorbeeld vaak landers en moorings. Landers zijn structuren die op de zeebodem staan en waarop allerlei meettoestellen en sensoren worden bevestigd. Moorings zijn verticale structuren met sensoren, bv. een anker met daaraan een lang touw met sensoren en bovenaan een drijflichaam.

Landers en moorings zijn vooral in gebruik bij het meten van stromingen, verzanding en watersamenstelling. Wat maakt van deze opstellingen dan een robot? Slimme moorings trekken bij slecht weer hun drijvers onder water om ze tegen de golfslag te beschermen, of praten met elkaar en andere systemen. Deze complexe taken maakt hen tot robots.

Ook hoeven mariene robots zich niet altijd in het water te bevinden. Onbemande vliegtuigen of satellieten kunnen veel informatie verzamelen vanuit de lucht. Tellingen van zeezoogdieren gebeuren bijvoorbeeld steeds vaker vanop onbemande vliegtuigen. Vanuit de lucht kun je nu eenmaal een veel groter gebied overschouwen. En nog grotere fenomenen, zoals het getij in de open oceaan, kun je enkel waarnemen vanuit de ruimte. Sommige satellieten, zoals de JASON-satellieten (Joint Altimetry Satellite Oceanography Network), staan zelfs enkel in dienst van de oceanografie. De gegevens die JASON verzamelt, zijn niet alleen interessant voor wetenschappers, maar dragen ook bij tot accurate voorspellingen van orkanen, en bieden ondersteuning bij het uitstippelen van vaarwegen, bij visserij en in de offshore-industrie.

## EEN ROBOT VOOR ELKE JOB

### Van vast station tot satelliet

Dat mariene robots zo verschillend kunnen zijn, houdt verband met de uiteenlopende taken die ze uitvoeren. In de oceaan vinden allerlei processen plaats, van minuscule bliksemsnelle chemische reacties tot globale evoluties die eeuwen duren. Al die processen zijn met elkaar verbonden. Maar omdat de mens nog maar 5% van de oceaan verkend heeft, blijven de nuances van het samenspel van fysische, geologische, chemische en biologische eigenschappen van de zeeën grotendeels een mysterie.

Om hier verandering in te brengen, verzamelen wetenschappers data, veel data. De processen die wetenschappers meten (al dan niet met mariene robots), variëren in tijdschaal en in grootte. Om het eetgedrag van één garnaal te bestuderen gebruik je natuurlijk een ander apparaat dan om de evolutie van ijskappen te meten. Ook de meetinstrumenten hebben hun beperking in tijd (hoe lang kunnen ze meten?) en afstand (welk gebied kunnen ze bestrijken en hoe groot is hun resolutie?). Om effecten in uitgestrekte gebieden te meten, zijn



Het Marine Robotics Centre van het VLIZ, gehuisvest in het Marien Station Oostende, neemt een pioniersrol op en zet in nauwe samenwerking met de bevoegde federale en Vlaamse overheidsdiensten belangrijke stappen naar de operationele inzet van onbemande vaartuigen op zee © VLIZ (Benito Dewaegemaeker)

satellieten het meest geschikt. Deze kunnen enorme oppervlakten monitoren, maar met een beperkte resolutie en enkel als er weinig wolken staan. Ook kunnen ze niet in het water kijken. Aan het andere eind van het spectrum staan vaste stations, zoals meetboeien, landers en moorings. Deze meten bijvoorbeeld jarenlang op dezelfde plaats de golfhoogte, watertemperatuur, windrichting, zoutgehalte, stroomsterkte, zichtbaarheid en de chemische samenstelling van het zeewater.

#### Schepen, gliders en floats

Het klassieke onderzoeksschip, nog steeds de hoeksteen van oceanografisch onderzoek, neemt een centrale positie in. Een schip kan tot enkele weken op zee blijven en zo een groot gebied bestrijken, maar kost duizenden euro's per dag en kan slechts op één plaats tegelijk zijn. Een schip blijft ook op het wateroppervlak, terwijl de zeebodem – op wereldschaal bekeken – gemiddeld 4 kilometer dieper ligt. ROV's en AUV's geraken dicht bij de zeebodem en bij objecten in het water. Ze kunnen dus ook veel meer details verzamelen. Gliders en floaters hebben dan weer als voordeel dat ze enorme afstanden afleggen tijdens hun maandenlange tochten. De lage kost maakt ook de inzet van echte 'zwermen' aan gliders

of floats mogelijk, waardoor ze op verschillende plaatsen tegelijk data kunnen verzamelen. Dit is bijvoorbeeld het geval voor de Argo-floats. Het internationale Argo-project, opgericht in 2000, is een van de belangrijkste bronnen van informatie voor het onderzoek naar klimaatverandering. Bijna 4000 floats, verspreid over heel de wereld, verzamelen informatie over de temperatuur en het zoutgehalte van de oceaan. In november 2018 had Argo al 2 miljoen dergelijke metingen uitgevoerd, meer dan vier keer meer dan alle metingen van de 20<sup>ste</sup> eeuw samen. Een Argo-float bevindt zich meestal onder water: gedurende negen dagen laat hij zich op een diepte van 1000 meter meedrijven met de trage oceaanstrooming. Dan wordt de float wakker, zinkt hij eerst tot 2000 meter diep om dan van daar naar het wateroppervlak te stijgen. Aan het oppervlak stuurt hij de gegevens meteen door naar satellieten, en binnen de 24 uur zijn de data online vrij beschikbaar. Eens de data verstuurd is, zinkt de float terug naar de donkere, rustige diepte van 1000m. Samen met de JASON-satellieten die het zeeniveau meten – de Argo is het schip waarmee de Griekse held Jason en zijn argonauten op zoek gingen naar het gouden vlies, vandaar de naam – biedt Argo een ongeziene inzicht in de werking van de oceaan. Zo maken ze

niet alleen weersvoorspellingen accurater. Ze helpen ook de stijging van de zeespiegel te voorspellen. De oceaan neemt namelijk zeer veel warmte op, en water zet uit naarmate het opwarmt. In een kookpot is het verschil verwaarloosbaar, maar op een oceaan kan een kleine temperatuursverandering wereldwijde gevolgen hebben.

## DE ROBOTSTOFZUIGER ACHTERNA?

#### De 4 'B's

De verdere ontwikkeling van mariene robots zet vooral in op drie B's: 'Batterijen', 'Bandbreedte', 'Bestand tegen bominslagen'. Batterijen spreken voor zich: hoe langer de batterij meegaat, hoe verder de robot kan varen. De bandbreedte bepaalt hoeveel informatie je kan uitwisselen met de robot. In een ideaal scenario komt alle informatie meteen bij de eindgebruiker, maar zeker voor AUV's is dit nog lang niet het geval. En dan is er 'Bombproofing'. Hoe voorzichtig er ook wordt omgesprongen met robots, de zeeën zijn ruw en onvoorspelbaar. Zout water en elektronica gaan niet goed samen, occasionele botsingen met de bodem of met een schip zijn niet uit te sluiten en soms laat een

computer het al eens afweten. Een mariene robot hoeft niet letterlijk “bomb-proof” te zijn, maar dient toch zeer robuust te zijn om lange tijd op zee te overleven.

Wetenschappelijke mariene robots zijn in essentie drager van meetinstrumenten. De robot vaart of drijft en de sensor meet. Het wordt pas echt interessant als de navigatieapparatuur van de robot en de sensoren die hij draagt gaan samenwerken. Om dit te kunnen doen, moet de robot zelf de data van de sensoren interpreteren. Neem bijvoorbeeld een AUV met een sonar: de huidige generatie AUV's vaart een vooraf vastgelegd patroon en maakt sonaropnames van de bodem. Een onderzoeker bekijkt achteraf de opnames en ziet misschien een vreemd object liggen, of ziet dat een deel van de metingen niet voldeden. De AUV moet nu opnieuw geprogrammeerd worden om extra gegevens te gaan verzamelen. Maar wat als de AUV zelf dat object opmerkt, of merkt dat de metingen niet goed zijn? Dan kan de robot autonoom de instellingen van de sensoren en de navigatie aanpassen, wat veel tijd bespaart en veel gerichtere data oplevert. Het idee is zelfs niet zo revolutionair: een geavanceerde robotstofzuiger maakt al een interne kaart van je huis, houdt bij waar hij al geweest is en past de zuigkracht en borstels aan naargelang de ondergrond en de hardnekkigheid van het vuil. De wereld onder het wateroppervlak is echter drie-dimensioneel, en geen platte vloer. Ook de impact van stroming, golven, sedimenten en veranderende watersamenstellingen maken dat de stap naar een volledig zelfstandige mariene robot nog niet helemaal gezet is.

De robots van de toekomst zullen niet alleen meer rekening houden met wat ze zelf meten, maar ook met andere robots. De 4<sup>de</sup> ‘B’, van ‘Bendevorming’, zeg maar. Elk type robot heeft sterktes en zwaktes. Door ze te combineren, vullen ze elkaar aan. Er zijn bijvoorbeeld al USV's die een AUV of een ROV inzetten. Een USV heeft een hogere snelheid en een groter bereik dan een AUV en kan deze snel transporteren naar het te onderzoeken gebied. Daar lanceert hij de AUV volledig automatisch. Tijdens de missie blijft de USV in de buurt om de positie te bepalen en om de voortgang door te sturen naar de operator aan de wal. Eens de AUV klaar is, pikt de USV deze terug op. Terwijl de USV de AUV naar een volgend gebied brengt, laadt hij deze op, downloadt de data en stuurt ze via satelliet door naar de wetenschappers aan land.

Een ander vorm van samenwerking is “swarm technology” (zwermttechnologie). Dit idee komt uit de natuur: een individuele mier heeft weinig intelligentie en voert simpele taken uit. Maar de kolonie bouwt complexe structuren en geeft blijk van een

intelligentieniveau superieur aan dat van haar elementen. Bij swarm technologie geef je dan ook geen taken aan individuele robots, maar aan een groep of zwerm van robots. Elk element volgt een aantal eenvoudige regels en houdt slechts rekening met zijn onmiddellijke omgeving en naaste burens. Vraag je bijvoorbeeld aan een zwerm van gliders om in een stuk oceaan elke kilometer de temperatuur te meten, dan zullen de gliders zichzelf verdelen over het gebied en beginnen meten zonder dat je ze elk apart moet aansturen. Gaat er eentje stuk, dan wordt die gewoon vervangen door de andere robots in de buurt.

## MEER DAN ALLEEN DE ROBOTS

Het VLIZ richtte in 2019, met steun van de Vlaamse overheid, het ‘Marine Robotics Centre’ op. Doel is om oplossingen te zoeken voor de groeiende nood aan wetenschappelijke data, nodig voor het duurzaam beheer van de oceaan. Doorgedreven automatisatie van observaties en de inzet van marine robotica spelen hierin een steeds belangrijker rol. Daarnaast betekende de oprichting van een Marine Robotics Centre ook een duwtje in de rug voor de ontwikkeling en innovatie inzake maritieme autonome systemen.

De ontwikkeling van autonome vaartuigen gaat momenteel zeer hard. De verwachting is dat dit zowel de maritieme wereld als het dagelijkse leven zal beïnvloeden. In analogie bracht ook de ruimtevaart tal van ontwikkelingen met zich mee, met verstrekkende effecten, al gaan er slechts een handvol mensen effectief de ruimte in. Een vergelijkbaar effect komt met autonome vaart: niet alle schepen worden onbemand, maar de impact zal toch breed voelbaar zijn. Ten eerste kunnen onbemande vaartuigen enorme hoeveelheden data verzamelen, zelfs op plekken die met bemande toestellen onbereikbaar zijn. Die data zullen in het dagelijkse leven hun weg vinden naar weersvoorspellingen, verkeerscentrales, stromingsmodellen en tal van andere toepassingen die hierdoor veel betrouwbaarder worden. Daarnaast is er de technologie die benodigd is om onbemand varen mogelijk te maken. De bouwstukken van een onbemand vaartuig omvatten performante camera's met automatische beeldherkenning, efficiënte voortstuwing, autopilots die autonoom uitwijken conform de verkeersregels, koersberekening op basis van weersverwachtingen, etc.... Deze technologieën, geplaatst op bemande vaartuigen, zullen ongetwijfeld de wereldzeeën veiliger, groener en efficiënter maken.

## WIE GEBRUIKT MARIENE ROBOTS IN BELGIË?

Voor mariene robots zijn er vier hoofdgebruikers

De **OFFSHORE-INDUSTRIE** zet vooral ROV's in. De enorme ROV's van de offshore-industrie voeren zeer diverse taken uit, Van inspecties van boorplatformen, tot het ingraven van kabels en aandraaien van bouten. Ze zijn vaak zo groot, dat ze een vast deel uitmaken van hun moederplatformen.

De Belgische **MARINE** gebruikt al sinds de jaren '80 ROV's om mijnen te identificeren en te ruimen en voegde de laatste jaren ook enkele draagbare AUV's toe aan haar vloot. Vanaf 2024 worden de huidige mijnenjagers vervangen door nieuwe schepen die zijn ontworpen omheen een “toolbox” aan robots. USV's van 12 meter lang, ROV's, AUV's en vliegende drones zullen samen werken en zo de militairen op een veilige afstand van de mijnen houden. Ook voor andere militaire taken wordt gekeken naar robots, maar mijnenbestrijding is hierin veruit de koploper.

Voor hydrografische opmetingen zet men steeds vaker USV's in. Het gaat hier voorlopig vooral om kleine, draagbare bootjes die de surveyors op afstand besturen. Die zijn in moeilijk toegankelijke gebieden namelijk veel makkelijker in te zetten dan een bemand bootje. Daarom investeren zowel survey bedrijven als de **VLAAMSE OVERHEID** momenteel in onbemande systemen.

Marine Robotics zijn erg gespecialiseerde apparaten. Het beheren, inzetten en ontwikkelen van deze systemen kan daarom enkel binnen een gespecialiseerd team. Sinds 2019 zet het VLIZ, via het Marine Robotics Centre, in op deze technologie en verleent het Vlaamse **WETENSCHAPPERS** en hun (inter)nationale partners toegang tot de nieuwste technologieën in het mariene onderzoek.